

# **Über den Einfluss von Stress und Ablenkung auf das Lösungsverhalten von gesunden Probanden in Labyrinthaufgaben**

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
des Fachbereichs Medizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen.

vorgelegt von      Kai-Oliver Brodowski  
aus                    Hamburg

Gießen 2006

Aus dem Medizinischen Zentrum für Psychiatrie  
des Klinikums der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Leiter: Prof. Dr. med. Bernd Gallhofer

Gutachter: Herr Prof. Dr. Gallhofer

2. Gutachter: Frau PD Dr. Pauli-Pott

Tag der Disputation: 27.09.2006

## **Zusammenfassung:**

Schizophrene Patienten zeigen Defizite in einer Reihe von psychologischen Untersuchungsverfahren kognitiver Prozesse. Es wird der Hintergrund der Schizophrenieforschung auf kognitionspsychologischer Basis dargestellt und in einen Kontext zur Untersuchung mit Labyrinthaufgaben gesetzt.

Ausgangspunkt der vorliegenden Studie sind die in vorausgegangenen Untersuchungen an Subgruppen von schizophren erkrankten Personen, abhängig von Erkrankungsdauer und Neuroleptikabehandlung, gefundenen Defizite beim Lösungsverhalten in unbekannten Labyrinthen. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist zu untersuchen, ob die Bearbeitung von unbekannten zweidimensionalen Labyrinthen durch die Induktion von sozialem Stress und die Reduktion von Aufmerksamkeitsressourcen durch die Einführung einer parallel zu bearbeitenden Zweitaufgabe bei gesunden Personen beeinflusst wird. Dabei interessierte, inwieweit mögliche Effekte einerseits von Eigenschaften des Labyrinthstimulus (Komplexität des Reizes und Existenz von Entscheidungspunkten) und andererseits von der Schwierigkeit der geforderten Bewegungen abhängen. Es soll eruiert werden, inwieweit aufgrund der gefundenen Verhaltensdaten Rückschlüsse auf die beteiligten kognitiven Prozesse von schizophren erkrankten gezogen werden können. In der vorliegenden Untersuchung wurden 88 gesunde männliche Personen untersucht, die Labyrinthaufgaben mit und ohne Stress bzw. mit und ohne eine parallel zu bearbeitende Zweitaufgabe durchführten. Stress und Ablenkung durch eine Zweitaufgabe wurden als unabhängige Faktoren realisiert, so dass sich 4 Substichproben mit jeweils 22 Probanden ergaben. Jeder Proband bearbeitete unterschiedliche Stimuli, die sich einerseits hinsichtlich ihrer Komplexität (einfache Pfadstimuli, Pseudo-Labyrinth) und andererseits hinsichtlich des Auftretens von Entscheidungssituationen (Pseudo-Labyrinth und Labyrinth mit Verzweigungspunkten) unterschieden, sowohl unter einer leichten wie auch unter einer schwierigen Bewegungsbedingung (kleiner bzw. grosser Cursor). Die Ergebnisse dieses 2x2x2x2-faktoriellen Versuchsdesign zeigen, dass Stress und Ablenkung bei der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben zu einer Veränderung in den Leistungsmaßen führen. Unter der Ablenkbedingung verkürzt sich die Navigationszeit im Labyrinth. Unter der Stressbedingung kommt es zu einer Leistungsverbesserung hinsichtlich Qualität und Präzision. Dabei lässt sich weder durch Stress noch durch Ablenkung ein eindeutiges Störungsmuster induzieren, das dem Verhalten der verschiedenen Subgruppen schizophren erkrankter Personen entspricht.

## **Abstract:**

Schizophrenic patients display deficiencies in a number of psychological methods of the analysis of cognitive functions. The background of schizophrenia research is shown based on cognitive psychology and put into context with examinations involving maze tasks.

Starting point of the present study are the deficiencies in solving unknown mazes found in previous examinations of sub groups of people suffering from schizophrenia, depending on duration of illness and treatment with neuroleptic drugs. The aim of the present study is to examine whether the handling of unknown two-dimensional mazes by healthy people is influenced by the induction of social stress and the reduction of attentiveness resources through the introduction of a parallel secondary task. Here it was of interest how much possible effects depend on characteristics of the labyrinth stimulus (complexity of the stimulus and existence of decision-making points) on the one hand and the difficulty of the expected movements on the other hand. It is to be established if and how well conclusions can be drawn from the behavioural data gathered impacting on the involved cognitive processes of people suffering from schizophrenia. The present study had 88 healthy men examined, who worked on maze tasks both with and without stress as well as with and without parallel secondary tasks. Stress and distraction by a secondary task were carried out as independent factors, resulting in 4 sub samples of 22 candidates each. Each candidate worked with different stimuli, which differed in complexity (simple pathway stimuli, pseudo labyrinths) on the one hand and with regard to the appearance of situations requiring decision-making (pseudo labyrinths, branch-off labyrinths) on the other hand, both under a simple as well as under a difficult movement condition (small and large cursor respectively). The results of this 2x2x2x2-factored experimental design show that stress and distraction while working on maze tasks lead to a change in performance measures. The distraction condition leads to a lessening of navigation time in the maze. The stress condition leads to an increase in performance with respect to quality and precision. An unambiguous disruption pattern which would correspond to the behaviour of the different sub groups of people suffering from schizophrenia can neither be induced through stress nor through distraction.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Stand der Forschung .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Kognitions-Psychologie .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Aktivierung und Aufmerksamkeit .....	3
1.1.1.1 Aktivierung.....	3
1.1.1.2 Aufmerksamkeit.....	7
1.1.2 Labyrinthaufgaben und die Untersuchung kognitiver Prozesse .....	13
<b>1.2 Schizophrenie .....</b>	<b>19</b>
1.2.1 Ätiologie und Pathomechanismus der Schizophrenie .....	22
1.2.1.1 Pathophysiologie und Pathobiochemie .....	23
1.2.1.2 Pathomorphologie .....	24
1.2.1.3 Laterale Dysfunktion.....	25
1.2.2 Kognition und Schizophrenie .....	26
1.2.2.1 Sprache .....	32
1.2.2.2 Gedächtnis .....	34
1.2.2.3 Exekutive Funktionen .....	37
1.2.2.4 Aufmerksamkeit und Aktivierung.....	39
<b>2. Fragestellung.....</b>	<b>41</b>
<b>3. Material und Methode.....</b>	<b>48</b>
<b>3.1 Stichprobe.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2 Unabhängige Variablen.....</b>	<b>49</b>
3.2.1 Unabhängige Variable 1: „Ablenkung“ .....	49
3.2.2 Unabhängige Variable 2: „Stress“ .....	50
3.2.3 Experimentelle Variation der Eigenschaften der Labyrinthaufgaben.....	51
3.2.3.1 Unabhängige Variable 3: „Bewegungsschwierigkeit“ .....	51
3.2.3.2 Unabhängige Variable 4: „Labyrinthkomplexität“ .....	52
<b>3.3 Versuchsplan .....</b>	<b>53</b>
<b>3.4 Abhängige Variablen.....</b>	<b>55</b>
3.4.1 Zeitbedarf der Labyrinthlösung .....	56
3.4.2 Präzision der Bewegung bei der Labyrinthlösung .....	56
3.4.3 Qualität der Aufgabenlösung .....	56
<b>3.5 Zusatzvariablen .....</b>	<b>57</b>
3.5.1 Kontrolle der Vergleichbarkeit der Substichproben .....	57
3.5.2 Kontrolle der Wirkung der experimentellen Manipulationen .....	58
3.5.2.1 Kontrolle der Akkuratheit der Bearbeitung der Zweitaufgabe .....	58
3.5.2.2 Kontrolle der Wirkung von Stress-Induktion und Zweitaufgabe .....	58
3.5.2.2.1 FbSit-20.....	58
3.5.2.2.2 EWL-60-S.....	59
3.5.2.2.3 Elektrodermale Aktivität (EDA) .....	59
<b>3.6 Allgemeiner Versuchsablauf und Messapparatur.....</b>	<b>61</b>
<b>3.7 Statistische Auswertungsverfahren .....</b>	<b>63</b>

<b>4. Ergebnisse .....</b>	<b>64</b>
4.1 Vergleichbarkeit der Substichproben .....	64
4.2 Kontrolle der Wirkung der experimentellen Manipulationen .....	69
4.2.1 Akkuratheit der Bearbeitung der Zweitaufgabe .....	69
4.2.2 Kontrolle der Wirkung von Stress-Induktion und Zweitaufgabe .....	70
4.2.2.1 Subjektiv erlebte Effekte von Stress und Ablenkung .....	70
4.2.2.1.1 Bewertung der Untersuchungssituation: FbSit-20 .....	70
4.2.2.1.2 Befindlichkeit: EWL-60-S .....	73
4.3 Objektive Wirkung von Stress .....	76
4.3.1 Elektrodermale Aktivität EDA .....	76
4.4 Verhalten in Labyrinthaufgaben .....	78
4.4.1 Vergleich 1: Komplexität des Stimulus und Bewegungsschwierigkeit .....	78
4.4.1.1 Zeitbedarf der Aufgabenlösung .....	78
4.4.1.1.1 Initiale Analysezeit .....	78
4.4.1.1.2 Navigationszeit .....	81
4.4.1.2 Präzision der Bewegung .....	83
4.4.2 Vergleich 2: Existenz von Entscheidungspunkten und Bewegungsschwierigkeit .....	87
4.4.2.1 Zeitbedarf der Aufgabenlösung .....	87
4.4.2.1.1 Initiale Analysezeit .....	87
4.4.2.1.2 Navigationszeit .....	90
4.4.2.2 Präzision der Bewegung .....	93
4.4.2.3 Qualität der Aufgabebearbeitung .....	95
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>100</b>
<b>6. Literatur .....</b>	<b>112</b>

## 1. Stand der Forschung

**Kognitive Störungen** werden als zentrales Symptom schizophrener Erkrankungen betrachtet (s. Sharma & Harvey 2000). Dabei wurden Störungen in einer Vielzahl unterschiedlicher kognitiver Funktionsbereiche untersucht, ohne dass bis heute eindeutig ein spezifisches Defizit identifiziert werden konnte. Neben Störungen selektiver kognitiver Funktionen wie z.B. einer Verminderung von Aufmerksamkeitsressourcen oder einer Störung in der Koordinierung einzelner kognitiver Subfunktionen, sind bei der Interpretation kognitiver Leistungseinbussen bei schizophrenen Patienten immer auch Faktoren wie motivationale Beeinträchtigungen oder ein durch eine akute Erkrankung bedingtes erhöhtes Stressniveau zu berücksichtigen, die Auswirkungen auf das Leistungsvermögen nehmen können. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, inwieweit ein erhöhtes Stressniveau bei gesunden Personen in Abhängigkeit von spezifischen Anforderungen einer Aufgabe und den zur Verfügung stehenden Verarbeitungskapazitäten zu Verhaltensänderungen führt wie sie auch bei schizophrenen Patienten beobachtet werden können.

### 1.1 Kognitions-Psychologie

1879 eröffnete Wilhelm Wundt das erste psychologische Laboratorium in Leipzig. Neben Reaktionszeitmessungen nutzte er vor allem introspektive Mittel für seine Forschungen. Für ihn war die subjektive Wahrnehmung eigener Denkprozesse bei Menschen von zentraler Bedeutung und die Introspektion das Mittel der Wahl, die im Menschen stattfindenden Denkvorgänge einer wissenschaftlichen Untersuchung zuzuführen.

Ebbinghaus, ein Kollege und Zeitgenosse Wundts, wählte einen anderen Ansatz: Indem er von der Introspektion als vorrangiger Informationsquelle abging, gab er der Psychologie eine neue Richtung. Gemessen wurden nun Lernleistung und Verarbeitungsgeschwindigkeit in wohl definierten Aufgaben. Die Beobachtung dessen, was man empfindet oder fühlt, trat in den Hintergrund (Ebbinghaus 1885). Ebbinghaus' Ansatz hat zusammen mit der Subtraktionsmethodik von Donders (1868) bis heute für die experimen-

telle Psychologie große Bedeutung. Der Niederländer Donders (1868) beschäftigte sich, inspiriert durch die Erkenntnisse der Physiologie der Nervenleitungsgeschwindigkeit, mit dem Phänomen der Reaktionszeit, auf das im weiteren Verlauf noch genauer eingegangen wird.

War bis zum Ende des 19. Jahrhunderts die psychologische Forschung dadurch gekennzeichnet, dass sie sich vornehmlich mit kognitiven Konzepten befasste, auf deren Existenz nur aufgrund introspektiver Berichte und ihres Zeitverbrauchs geschlossen werden konnte, bahnte sich mit beginnendem 20. Jahrhundert die Dominanz behavioristischer Vorstellungen an. Die unter anderem durch Watson (1913) begründete Richtung der Psychologie beschränkt sich auf das objektiv beobachtbare und messbare Verhalten (Stimulus - Response). Sie verzichtet vollständig auf die Beschreibung von Bewusstseinsinhalten und dem nicht direkt beobachtbaren Geschehen zwischen Reiz und Reaktion des Organismus. Watson (1913) ging von den physiologischen Grundlagen des Reflexbogens aus und betrachtete alle Fragen der Psychologie als zu beantworten

„... wenn man die Reflexe höherer Regionen des Nervensystems verstehe“ (zit. n. Gardner 1989, S.122). Behavioristen suchen ausschließlich in der äußeren Umwelt nach Ursachen von Verhalten. Skinner (1957) griff den Ansatz Watsons auf und gelangte zu Berühmtheit mit seiner streng behavioristischen Einstellung auch gegenüber so abstrakten Dingen wie der menschlichen Sprache.

Jedoch kündigte sich, inspiriert durch die Arbeit ihrer Protagonisten Neisser (1967) und Sternberg (1969), Ende der sechziger Jahre des letzten Jahrhunderts die sog. „kognitive Wende“ mit einer Hinwendung zum kognitiven Modell an. Vom Behaviorismus als „mentalistisch“ abgelehnte Konstrukte wie Aufmerksamkeit und kognitive Subprozesse rückten wieder in den Mittelpunkt des Interesses. „Der Behaviorismus wurde eigentlich nicht besiegt, er wurde viel mehr durch die gezielte Erforschung kognitiver Prozesse irrelevant“ (Gardner 1989, S.309).

Ein entscheidender Anstoß für die kognitive Wende war die Entwicklung des Computers. Computer nehmen Informationen auf, manipulieren Symbole, speichern „Items“ im „memory“ und rufen sie wieder ab, klassifizieren Inputs, erkennen Muster und so weiter...“ (Neisser 1976 S.5 /dt. 1979, S 16/17). Damit ergab sich erstmals ein technisches



Modell für menschliche Informationsverarbeitung. Computer wurden schon in den fünfziger Jahren potentiell als Maschinen mit künstlicher Intelligenz betrachtet. Diese Entwicklung führte zu einem Umdenken in der klassischen Psychologie: Die technische Informationsverarbeitung fungierte von nun an als Modell für die Erforschung der natürlichen Intelligenz, des menschlichen Erkennens und Wissens. Früchte trug diese Zusammenarbeit etwa in der von Nobelpreisträger Herbert A. Simon zusammen mit dem Computerspezialisten Alan Newell eng am Computer orientierten Arbeit über die Theorie des menschlichen Problemlöseverhaltens (Newell und Simon 1972).

Aus diesem Zusammenhang entwickelten sich sowohl die kognitive Wissenschaft mit der Annahme der direkten Vergleichbarkeit maschineller und biologischer Informationsverarbeitung (Posner 1993), als auch die Kognitionspsychologie als Sachgebiet der Psychologie, das sich auf alle Prozesse und Produkte der Kognition als Beschäftigung mit der Sinnesinformation und ihrem Schicksal erstreckt (Neisser 1967). Die Forschung versucht nun zu einem Verständnis dessen zu gelangen, was innerhalb der einstmals so geheimnisvollen „black box“ der Behavioristen im menschlichen Denken geschieht.

### **1.1.1 Aktivierung und Aufmerksamkeit**

Im Zentrum der kognitiven Psychologie steht das „Wie“ der Informationsverarbeitung. Ziel ist es, Modelle zu entwickeln, die erklären, wie bei einem gegebenen Input abhängig von der Organisation der Verarbeitung und auch von Variablen des Gesamtzustandes eines Organismus, wie Aktivierung oder Aufmerksamkeit, verarbeitet wird.

#### **1.1.1.1 Aktivierung**

Grundvoraussetzung der Aufmerksamkeit ist eine Aktivierung des Organismus. Als Aktivierung oder auch Aktivierung bezeichnet man die „... Erregung von neuronalen oder psychischen Prozessen durch innere und äußere Reize, die Aktionen vorausgeht, diese begleitet...“ (Dorsch 2004, S.21). Pribram und McGuinness (Pribram und McGuinness 1975, McGuinness und Pribram 1980) unterscheiden zwischen einer phasischen und einer tonischen Aktivierung: Als phasische Aktivierung, engl. *Arousal*, bezeichnen sie die autonome und zentralnervöse Reaktion auf einen neuen Reiz. Als tonische Aktivie-

rung wird der andauernde Zustand der Reaktionsbereitschaft gesehen. Nach Tucker und Williamson (1984) sei die Hauptaufgabe des Arousals, auf neue, externe Informationen zu reagieren. Treten Reize wiederholt auf, führt dies zur Habituation, d.h. es kommt zu einer Einstellung der Reaktionsbereitschaft des Organismus auf die neue Situation. Phasische Aktivierung muss nun nicht länger aufrechterhalten werden.

In EEG-Studien wurde ein enger Zusammenhang zwischen spezifischen bioelektrischen Hirnstrommustern und dem Grad des psychologischen Funktionszustandes des Organismus zwischen Tiefschlaf und höchster Erregung gezeigt (vgl. Schmidt und Thews 1997). Das Muster verändert sich von großen, regelmäßigen und niederfrequenten Wellen zu einem unorganisierten, asynchronen Bild mit niedriger Amplitude. Es konnte eine konsistente Beziehung zwischen Desynchronisation des EEG und zunehmender Wachsamkeit festgestellt werden (z.B. Lansing, Schwartz und Lindsley 1959). Einige Wissenschaftler vermuten regulatorische Hirnstrukturen als verantwortlich. Diese werden in ihrer Gesamtheit als subkortikale Aktivierungssysteme bezeichnet.

Moruzzi und Magoun (1949) entdeckten als anatomisch-physiologisches Korrelat der Aktivierung das „aufsteigende retikuläre aktivierende System“ (ARAS). Das ARAS ist ein Zentrum der *Formatio reticularis*, einem Komplex grauer Substanz, d.h. dem Teil des zentralen Nervensystems, der die Nerven-(Ganglien-)Zellen enthält, die netzartig das ganze Hirnstammtegmentum bis hinab ins Rückenmark durchsetzt. Das ARAS wird über massive Zuflüsse aus dem Hinterhorn des Rückenmarks und den Hirnnervenkernen von einer Vielzahl sensorischer Informationen aller Qualitäten erreicht. Zusätzlich gelangen Impulse aus dem Kortex in diese Region. Auf diese Weise erregt, kann das ARAS über aufsteigende Fasern aus adrenergen und cholinergen Zentren subkortikale Hirnstrukturen erreichen und vor allem auf den retikulären Thalamus projizieren. Die absteigenden Fasern enden an den spinalen Motoneuronen und halten deren *tonische* Aktivierung im Wachzustand aufrecht. Vom Nucleus reticularis thalami aus, der selbst keine Verbindung zu neokortikalen Strukturen hat (Steriade 1981, Scheibel 1981), wird aktivierende Erregung zum Thalamus und damit in den gesamten Kortex geleitet. Es folgt die *phasische* Aktivierung des Organismus (Schmidt und Thews 1997). Da ein Großteil der kortikalen Zellen erregende Neurotransmitter nutzt und nach Aktivierung nicht in Übererregung verfällt, wird bei Anstieg der Erregung in kortikalen Modulen unter Vermittlung des

Striatum über die Basalganglien der Thalamus rückwirkend gehemmt. Erregende, glutamaterge Fasern aus dem Kortex strahlen in das Striatum ein, die dann über das Pallidum und die Substantia Nigra GABA-erg den Thalamus hemmen, um wiederum die Weitergabe an den Neokortex zu verhindern. Es kann ein mittleres Erregungsniveau aufrechterhalten werden, welches für die Bewältigung kognitiver Aufgaben besonders förderlich ist (vgl. auch das Yerkes-Dodson-Gesetz der umgekehrten U-förmigen Beziehung zwischen Erregungsniveau und Leistung, Yerkes und Dodson 1908). Die oberste Entscheidung darüber, welche Informationen aus der Umwelt relevant und bearbeitungswürdig sind und welche gehemmt werden, treffen der präfrontale und der parietale Kortex, die ihrerseits vom limbischen System beeinflusst werden. Dieser Mechanismus wird in der Literatur auch als thalamokortikales Gating bezeichnet.

Eng mit einer Aktivierung des Organismus ist auch die Stressreaktion assoziiert. Die ursprüngliche Stress-Theorie von Selye (1976) beschreibt Stress als allgemeine und unspezifische Anpassungsreaktion des Organismus an jede Art von Reiz, auf die das Individuum passiv reagiert, und die bei allen Individuen auftritt. Alle endogenen und exogenen Reize, die solche Anforderungen stellen, werden Stressoren genannt. Die biologische Stressreaktion ist, unabhängig von der Stressursache, weitestgehend identisch. Sie beinhaltet die Mitreaktion des Hormonhaushalts und vollzieht sich auf verschiedenen Ebenen. Selye (1976, 1984) beschreibt drei Ebenen der Stressreaktion, zusammengefasst als „**Allgemeines Adaptations Syndrom**“ (A.A.S.) bezeichnet. Im A.A.S. lässt sich die Reaktion des Körpers in die Phasen der Alarmreaktion, der Resistenz und der Erschöpfung einteilen. Im Rahmen dieser Arbeit wird hinsichtlich des Untersuchungsparadigmas nur auf die Alarmreaktion eingegangen, die anderen Phasen sollen lediglich erwähnt bleiben. Kommt es zur physiologischen Alarmreaktion, werden über Vermittlung der Hypophysen-Nebennieren-Achse in der Nebennierenrinde die corticoidhaltigen sekretorischen Granula in das Blut entleert. Weiterhin kommt es bei der Vermittlung der Stressreaktion zu Acetylcholin getriggerten Ausschüttung von Katecholaminen, insbesondere von Adrenalin und Noradrenalin, aus autonomen Nervenendigungen und aus chromaffinen Zellen des Nebennierenmarks (Selye 1981).

Erwähnung finden soll in diesem Zusammenhang auch das kognitiv-phänomenologische Stresskonzept von Lazarus. Nach Lazarus (1966) ist Stress ein

Phänomen der Interaktion zwischen einem Individuum und einem Stressor in seiner Umwelt. Maßgeblich ist, dass subjektiver Stress durch kognitive Prozesse zustande kommt. Das Konzept umfasst die kognitive Bewertung („primary appraisal“, Ereigniseinschätzung) wahrgenommener Reize bzw. Ereignisse der Umwelt. Gleichzeitig wird die kognitive Repräsentation der eigenen Person bzw. das Selbstmodell aktiviert („secondary appraisal“, Ressourceneinschätzung). Dies bedeutet, subjektiver Stress wird durch die Wahrnehmung und durch die zur Bewältigung der Situation zur Verfügung stehenden Mechanismen (Coping-Ressourcen) bestimmt. Emotionale, physiologische und verhaltensmäßige Reaktionen, die subjektiv erlebten Stress anzeigen, werden durch die personenspezifischen Interpretationen der äußeren Stresssituation beeinflusst. Der Bewertungsprozess stellt immer eine Spiegelung des kumulativen Wissens und Verstehens der Person - sowohl in primär kognitiver als auch emotionaler Hinsicht - dar. Sie ist Umweltreizen nicht nur passiv unterworfen, sondern schreibt ihnen persönliche Bedeutung zu und setzt diese immer in Beziehung zu den zur Verfügung stehenden persönlichen Ressourcen der Stressbewältigung.

Im Übergangsfeld zwischen psychologischer und sozialpsychologisch-soziologischer Stressforschung liegt die Untersuchung sozialer Aspekte von Stress, d.h. von sozialen Stressoren sowie den Folgen erlebten Stresses auf die soziale Umwelt. Eine biologische und/oder psychische Stressreaktion kann prinzipiell durch physische und psychische, aber eben auch durch soziale Reize erzeugt werden. Auf der interpersonalen Ebene beeinflusst die An- oder Abwesenheit anderer Personen und deren Verhalten in der (evtl. experimentellen) Situation auf verschiedene, teilweise gegensätzliche Weise sowohl das Maß des subjektiv erlebten Stresses als auch das Verhalten als Reaktion auf den Stressreiz (Übersicht bei Zajonc 1965, 1969). Das Spektrum reicht dabei von direkter Einflussnahme der Person in Form von z.B. Kritik, Beleidigungen, Abwertungen aber auch Anerkennung und interpersonaler Belohnung, über Abhängigkeit und Konkurrenz bis hin zur sozialen Stressirradiation, z.B. wenn sich die Versuchsperson von der Angst anderer Anwesender „anstecken“ lässt.

Bei der Wirkung neuer Reize kann eine physische physiologische Aktivierung die Reizaufnahme erleichtern. Im Mittelpunkt der Theorie von Easterbrook (1959) steht die physiologische Erregung als Steuerungsmechanismus der selektiven Aufmerksamkeit (s.

1.1.1.2). Er erklärt, wie erhöhte Erregung die Leistung über Aufmerksamkeitsmechanismen beeinflusst. Easterbrook nimmt an, dass Zustände, die mit hoher Emotionalität einhergehen, wie z.B. Stress, einen Anstieg des Aktivierungsniveaus verursachen, der zu einer veränderten Nutzung von Hinweisreizen („cue utilization“) führt. Es wird davon ausgegangen, dass jede Aufgabe für deren Lösung relevante und irrelevante Hinweisreize beinhaltet. Die Leistung in einer Aufgabe kann verbessert werden, wenn die Verwendung irrelevanter Hinweisreize verringert wird. Zunehmender Stress schmälert die Anzahl von Hinweisreizen, die man aufnehmen und beachten kann. Diese Einengung der Aufmerksamkeit wirkt sich zunächst durch die Vernachlässigung irrelevanter Aspekte bei voller Konzentration auf die Aufgabe leistungsfördernd aus. Bei höheren Stressgraden jedoch kommt es durch zunehmende Missachtung der zur Lösung der Aufgabe notwendigen Hinweisreize zur Leistungsver schlechterung.

#### **1.1.1.2 Aufmerksamkeit**

Der auf oben genannte Art angeregte Organismus ist zu Aufmerksamkeitsleistungen befähigt. Der oft in Zusammenhang mit Aufmerksamkeit gebrauchte Begriff der Vigilanz meint wörtlich übersetzt „Wachsamkeit“, ist aber schärfer definiert. Er beinhaltet die meist mit Aufmerksamkeit verbundene Fähigkeit zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Aktivität, z.B. dem Beobachten eines Radarschirms, über einen längeren Zeitraum. Manche Autoren (z.B. Haider 1962) sehen die Vigilanz aufgrund ihrer Beobachtungen in experimentellen Vigilanzsituationen als bestimmendes Element der Aufmerksamkeitsleistung an. Sie fassen die Vigilanz als zentralen Vorgang auf, der die Leistung bei Vigilanzaufgaben determiniert und bezeichnen diesen auch als Daueraufmerksamkeit.

Im physiologischen Sinne definiert Head (1926) Vigilanz als eng mit Arousal verknüpft und meint damit einen Zustand maximaler physiologischer Effektivität („physiological efficiency“) des zentralen Nervensystems, der beispielsweise durch elektro-physiologische Meßmethoden erfassbar ist.

In psychologischer Hinsicht ist der Begriff eng mit den systematischen und kontrollierten Laborexperimenten von Mackworth (1948) verknüpft. Mackworth (1957) beschreibt die Vigilanz als den Zustand oder die Bereitschaft des Organismus, spezifische, geringe

Umweltveränderungen, die in zufallsverteilten Zeitintervallen auftreten, zu entdecken und auf sie zu reagieren. Die Vigilanzsituation kann sozusagen als eine länger dauernde, kontrollierte Aufmerksamkeitssituation ohne Vorwarnung für das Auftreten von Signalen aufgefasst werden. Natürlich spielen auch für die Vigilanzleistung Aktivierungsvorgänge eine wichtige Rolle. Optimale Aktivierung geht mit guten Leistungen, Hyper- oder Deaktivierung mit Leistungsver schlechterungen einher.

Wohl jeder Mensch kennt das Gefühl, dass in Gegenwart sehr starker Eindrücke andere Eindrücke, die gleichzeitig stattfinden, schwer oder gar nicht wahrzunehmen sind. Die wahrscheinlich erste Beschreibung dieses Sachverhaltes dürfte wohl Aristoteles (1847) geliefert haben, als er schrieb:

*„Mit einem Sinne aber zugleich zwei Dinge zu empfinden, ist nicht möglich, wenn sie nicht miteinander vermischt sind.“ (1847, S.228)*

Der gesunde Mensch ist in der Lage, seine Wahrnehmung durch Fokussierung der Aufmerksamkeit auf einen engen Bereich von Sinneseindrücken zu begrenzen. Diese Fokussierung geschieht einerseits auf rein motorischer Ebene wie z.B. Hinwendung des Kopfes zum Reizgeschehen und Blickeinstellung, andererseits findet aber auch eine selektive Verarbeitung des sensorischen Signals statt.

Diese Basisleistung des menschlichen Geistes ermöglicht es ihm, aus einer Vielzahl von eingehenden Informationen selektiv diejenigen zu unterdrücken, die nicht von aktueller Relevanz sind. Allerdings stoßen wir auch bei der Teilung unserer Aufmerksamkeit an unsere Grenzen. Diese Fähigkeit, die einerseits vor einem Overflow des verarbeitenden Systems zu schützen vermag, begrenzt andererseits natürlich auch dessen Wahrnehmungskapazität. Bereits die Experimentalpsychologie des 19. Jahrhunderts beschäftigte sich mit diesem Sachverhalt. James vermutet schon 1890, dass das Konzept der Aufmerksamkeit einen Wettstreit verschiedener Information um ein System limitierter Kapazität („limited capacity system“) impliziert (James 1890). Ähnliche Vermutungen äußert Wundt (1903).

Die Beschreibung lässt offen, ob das Ziel oder die Breite der selektiven Aufmerksamkeit für das Individuum jederzeit beliebig gewählt werden kann. Lynn (1966) konnte zeigen,

dass plötzlicher Schmerz oder Bewegung im Gesichtsfeld in Abhängigkeit vom Erregungszustand zu einer Orientierungsreaktion führen, die die Aufmerksamkeit zwingend auf den Ort des Geschehens lenken.

Broadbent (1958) entwickelte ein Filter- (Flaschenhals-) Modell der selektiven Aufmerksamkeit. Demnach ist ein Filter wirksam, der Informationskanäle völlig abzublocken vermag und nur Information aus einem einzigen Kanal durchlässt. Dieses Modell lässt allerdings einige Fragen ungeklärt. So konnte z.B. Treisman (1960) zeigen, dass Versuchspersonen Informationen analysiert haben, die nach Broadbents Theorie hätten ignoriert werden müssen, wenn auch teilweise unbewusst. Treisman (1960) fand in Untersuchungen zum dichotischen Hören heraus, dass Versuchspersonen ihren eigenen Namen oder anderes persönlich bedeutsames Material, welches sie über das „unbeaufsichtigte“ Ohr erreichten, wahrnahmen. Diese Erfahrung ist auch als „Cocktail-Party-Phänomen“ bekannt: Ein Mensch ist zwar in der Lage, einem Gespräch seiner Wahl zu folgen und alle anderen auszublenden, fällt jedoch während einer simultanen Unterhaltung in Hörweite der eigene Name, so wechselt die Aufmerksamkeit unwillkürlich den „Kanal“.

Auch gibt der Stroop-Effekt (Stroop 1935) Hinweise darauf, dass eine „Alles-oder-Nichts“ Theorie keinen Bestand haben kann. Stroop entwickelte ein Verfahren zur Messung der Interferenzneigung einer Person, die sich immer dann äußert, wenn zwei antagonistische Reizaspekte vorliegen, in diesem Fall operationalisiert zwischen der Bedeutung eines Wortes (z.B. grün) und der Farbe des Drucks (z.B. gelb). Bei diesem Verfahren kommt es zur Verarbeitung irrelevanter Reizmerkmale, die unterdrückt werden müssen. Als Folge wird so die Lösung der Aufgabe (Benennen der Farbe) verlangsamt. Diese (hemmende) Interferenz durch aufgabenirrelevanten Kontext ist auch in anderen Untersuchungsparadigmen nachgewiesen worden. So fordern einige Autoren (z.B. Moray 1969, Treisman 1960, 1964), nicht von einem starren System der selektiven Aufmerksamkeit auszugehen. Ein reines An/Aus-System, wie es die Filtertheorie postuliert, wird in Abrede gestellt. Vielmehr wird ein System gefordert, das Aufmerksamkeitsleistungen nach Bedarf und Wichtigkeit auf verschiedene Reizquellen verteilt.

Kahneman (1970, 1973) beschäftigt sich mit der Idee einer aufteilbaren Kapazität. Sie erklärt, warum nicht alle Informationen aus einem nicht beachteten Kanal verloren gehen. Diese zentrale Ressource (der Begriff Ressource meint in der Psychologie eine nicht direkt beobachtbare Erregungshöhe, die einem informationsverarbeitenden System verliehen werden muss, damit es eine bestimmte Leistung erbringen kann) muss auf mehrere gleichzeitig stattfindende Vorgänge bzw. relevante Informationskanäle verteilt werden. Dies kann jedoch flexibel und abhängig von den Anforderungen einer Aufgabe und der Motivation der Versuchsperson geschehen. Schmand et al. (1994) fanden enge Zusammenhänge zwischen Motivationsparametern, kognitiven Testleistungen und der (Negativ-)Symptomatik psychotischer Patienten.

Kapazitäts- bzw. Verarbeitungsressourcenmodelle gehen von der Notwendigkeit der Aufteilung einer Gesamtkapazität oder mehrerer spezifischer Kapazitäten auf gleichzeitig ablaufende Teilprozesse aus. Durch die Aufteilung werden die für die einzelnen Aufgaben zur Verfügung stehenden Ressourcen reduziert und verursachen so die hemmende Interferenz. Posner und McLeod (1982) beschreiben, dass hemmende Interferenz durch konfliktträchtige Information nicht nur aus Antwortkonflikten, sondern auch aus Kapazitätsinterferenz bei der Aufmerksamkeitsteilung („attentional sharing“) resultiert. Sie konnten zeigen, dass es durch den Wettstreit um gemeinsame Ressourcen zu Kapazitätsinterferenzen kommt.

Moray (1967) postuliert die Vergleichbarkeit der Aufmerksamkeit mit der limitierten Prozessorkapazität eines Allzweck-Computers, die abhängig von der Schwierigkeit oder dem Bedarf an Prozessor-Kapazität auf verschiedene Aktivitäten allokiert werden kann. Aufgaben benötigen mehr von dieser hypothetischen Ressource (Aufmerksamkeit oder geistige Anstrengung („mental effort“)), wenn sie schwerer werden. Wenn mit reduzierten Ressourcen konkurrierende Aufgaben bearbeitet werden, wird die Leistungsgüte und -menge der Lösungen abnehmen und im Extremfall eine simultan gestellte Aufgabe aus dem Fokus der Aufmerksamkeit verdrängt werden.

Gegen die Annahme einer begrenzten, aber verteilungsfähigen Prozessorkapazität sprechen experimentelle Ergebnisse, die zeigen konnten, dass sich die Leistung in einer Aufgabe trotz zusätzlich gestellter Anforderungen nicht verschlechterte. An dieser Stelle



seien nur Posner und Boies (1971) genannt, die anhand von experimentellen Reaktionszeitanalysen zeigen konnten, dass das Enkodieren eines dargebotenen Buchstabens, d.h. die Verbindung zwischen „Input“ und Langzeitgedächtnis, welche zur Benennung des Buchstabens führt, keinen Zugriff auf limitierte Kapazität verlangt. Andererseits konnten sie auch zeigen, dass ein Zugriff erforderlich wird, sobald wir es mit bewussten Operationen wie dem Treffen von Entscheidungen oder dem Memorieren visueller Information zu tun haben.

Posner und Boies (1971) und auch andere Autoren (z.B. Shiffrin und Schneider 1977, James 1890) unterscheiden daher automatische (unwillkürliche) und kontrollierte (willkürliche) Verarbeitung.

Automatische Verarbeitung bezieht sich hierbei auf kognitive Prozesse, die durch langfristige Übung mit der Zeit meist schnell, unflexibel und reflexhaft werden und dabei keinerlei bewusste Aufmerksamkeitszuwendung erfordern und keine Verarbeitungskapazität beanspruchen. Die Reaktion auf den Reiz erfolgt hier ohne Beanspruchung begrenzter Aufmerksamkeitsressourcen, und andere Reaktionssysteme können gleichzeitig, ohne Behinderung (hemmende Interferenz), funktionieren.

Kontrollierte oder bewusste Verarbeitung dagegen ist durch hohen Zeitverbrauch gekennzeichnet, befähigt aber zur Flexibilität. Sie unterliegt der Interferenz, d.h. sie kann durch zusätzliche, simultan dargebotene Zusatzaufgaben gehemmt bzw. verlangsamt werden (Hell 1987).

Die Unterscheidung zwischen automatisch und kontrolliert ablaufender Verarbeitung ermöglicht eine Erklärung experimenteller Ergebnisse, die zeigen, dass eine Leistung durch Darbietung einer Zusatzaufgabe nicht beeinträchtigt ist. Nach Posner und Boies (1971) ist in diesem Falle von automatischer Verarbeitung ohne Beanspruchung von limitierten Ressourcen auszugehen.

Norman und Gopher (1979) und Norman und Bobrow (1975) haben die Idee der Kapazität eines zentralen Prozessors erweitert und angegeben, durch welche experimentellen Manipulationen die Kapazitätsgrenzen sichtbar gemacht werden können. Norman und Bobrow (1975) führten eine Unterscheidung zwischen datenbegrenzten und ressourcenbegrenzten Prozessen ein. Im ressourcenbegrenzten Bereich bewegt man sich, wenn eine Manipulation der verfügbaren Verarbeitungsressourcen - wie z.B. eine Gedächtnisbelastung durch Doppelbelastungsaufgaben - die Leistung beeinflusst. Der da-

tenbegrenzte Bereich ist nur durch die Güte des präsentierten Stimulusmaterials (z.B. Verrauschen im Signal), unabhängig von den Ressourcen, definiert. Damit erklärten sie, warum in einigen Aufgaben hemmende Interferenz gefunden werden kann und in anderen, ähnlichen Aufgaben nicht. So soll Hemmung lediglich im ressourcenbegrenzten Bereich, nicht dagegen im datenbegrenzten Bereich auftreten.

Birbaumer und Schmidt (1996, S. 520) fassen die Aufgaben der selektiven Aufmerksamkeit zusammen:

- „Setzen von Prioritäten zwischen konkurrierenden und kooperierenden Zielen in einer Zielhierarchie zur Kontrolle von Handlung
- Aufgeben („disengagement“) alter oder irrelevanter Ziele
- Selektion von sensorischen Informationsquellen zur Kontrolle der Handlungsparameter (sensorische und motorische Selektion)
- Selektive Präparation und Mobilisierung von Effektoren („tuning“)

Das „limitierte Kapazitäts-Kontrollsystem“ (Schmidt und Thews 1997) beschreibt ein kortiko-subkortikales System, in dem sich die spezifische Erregungsform, die dem bewussten Erleben zugrunde liegt, abspielt. Dieses auch LCCS („limited capacity controll system“, Gopher und Donchin 1985) genannte (hypothetische) System, welches die Ressourcen für eine oder mehrere sensorische oder motorische Funktionen zur Verfügung stellt, nimmt ausgedehnte kortikale und subkortikale Areale ein. So soll z.B. der präfrontale Kortex mit der Zielsetzung und dem Aufbau einer Zielhierarchie und die Basalganglien (insbesondere das Striatum) für die Aufgabe irrelevanter Ziele verantwortlich sein. Das LCCS reguliert die Erregbarkeit des Neokortex und führt zu erlebten Bewusstseins- und Aufmerksamkeitsphänomenen. Die Aktivierung von Großhirnarealen lässt sich im EEG als Depolarisation apikaler Dendriten oder auch in bildgebenden Verfahren wie PET oder f-MRI als Erhöhung des Blutflusses darstellen.

Ribot (1919) beschreibt die willkürliche Aufmerksamkeit als eng mit der Motivation assoziiert. Als das zentrale Merkmal der Aufmerksamkeit sieht er den Hemmungsprozess und vertritt schon damals die Auffassung, dass die Frontallappen entscheidend an der

Steuerung der Aufmerksamkeit beteiligt sind. Diese Vermutung, die sich unter anderem aus Beobachtungen von Patienten mit Hirnläsionen ergab, wurde durch jüngere Ergebnisse der Hirnforschung bestätigt (z.B. Fuster 1989).

### 1.1.2 Labyrinthaufgaben und die Untersuchung kognitiver Prozesse

Kognition wird als wissensbasierte Informationsverarbeitung verstanden (Krieger 1999). Bourne und Ekstrand (1997) stellen hierbei besonders folgende vier zu untersuchende Aspekte in den Vordergrund:

- Es gibt trennbare Verarbeitungsprozesse und Stufen. Auf jeder Stufe wird Information verarbeitet.
- Die einzelnen Stufen haben begrenzte Verarbeitungskapazität.
- Es existieren Kontrollmechanismen, die die Verarbeitung überwachen und steuern (z.B. Aufmerksamkeit).
- Der Informationsfluss ist zweigleisig. Er kommt zum einen aus dem gespeicherten Wissen, zum anderen aus der gegenwärtigen Umwelt.

Sanders (1980) definiert sechs Stufen der Informationsverarbeitung:

	<u>Subprozesse</u>	<u>Einflussvariablen</u> z.B.
1.	sensorische Weiterleitung	Signalintensität oder -dauer
2.	Merkmalsextraktion	spatiale oder akustische Frequenz
3	Musteridentifikation oder Klassifikation	Ähnlichkeit der Merkmalskonfigurationen
4.	Response-Choice (Percept-Action-Translation)	Reiz-Reaktions-Kompatibilität Reaktionswahrscheinlichkeit
5.	Motorprogrammierung	Schwierigkeit der Bewegung
6.	Motorexekution	Kraft, Muskelspannung

Es wird also angenommen, dass trennbare Subprozesse der Informationsverarbeitung existieren, deren Zusammenspiel problemlösendes Verhalten erst ermöglicht.

Zur Untersuchung kognitiver Teilprozesse existieren verschiedene experimentalpsychologische Ansätze.

Reaktionszeitmessungen zählen zu den ersten und wichtigsten kognitiven Testverfahren (Loeb und Alluisi 1977) und stellen in Form von Wahlreaktionsaufgaben den klassischen Weg dar, Subprozesse der Informationsverarbeitung und deren Leistungsfähigkeit (Frewer und Hindmarch 1988, Halliday et al. 1986, Krieger, Lis und Gallhofer 2001a) zu beschreiben. Donders postuliert bereits 1868, ausgehend von den Ergebnissen von Helmholtz (1850) zur Nervenleitungsgeschwindigkeit, dass man auch die Länge höherer kognitiver Operationen mit Hilfe der Zeit, die sie beanspruchen, messen kann. So kann man die Dauer der Unterscheidung von zwei Reizen dadurch bestimmen, dass man die Zeit, die benötigt wird, um auf einen einzigen Stimulus zu reagieren (Erkennungsreaktion), von der Zeit subtrahiert, die ein Individuum braucht, um eine Auswahl zwischen zwei Reizen zu treffen (Unterscheidungsreaktion). Auf diese Weise lässt sich, unter der Annahme einer streng seriellen Anordnung unabhängiger Teilprozesse, der Zeitbedarf zur Reizdiskrimination schätzen (Subtraktionsmethode, Donders, 1868 oder Reaktionszeiterlegungsmethode (RT-Dekomposition)). In der eigentlichen Wahlreaktionsaufgabe ist noch zusätzlich die Auswahl von Reaktionsalternativen nötig. Dieser „response-choice“ Prozess wird nach Massaro (1990) als besonderer Hinweis auf die Verknüpfung einer perzeptiven und einer aktionalen Ebene auch als „Pezept-Action-Translation“ bezeichnet.

Die RT-Dekomposition impliziert jedoch, dass bei der Konstruktion der notwendigen Subaufgaben die involvierten Subprozesse relativ gut bekannt sein müssen (Krieger 1999). Wenn z.B. zwei hypothetische Subprozesse einander überlappen oder in zeitlicher Wechselwirkung zueinander stehen, kann eine Reaktionszeiterlegung evtl. uninterpretierbar werden. Aus diesem Grund etabliert Saul Sternberg (1969) etwa 100 Jahre nach Donders die Methode der additiven Faktoren („additive factor effect method“), die sich ebenfalls mit der Reaktionszeitanalyse befasst. Es werden die Auswirkungen von jeweils mindestens zwei experimentellen Variablen auf die gemessenen Zeiten untersucht. Die Methode schließt bei Vorliegen von Haupteffekten zweier experimentell ma-

nipulierter Variablen auf das Vorhandensein zweier unabhängiger Teilprozesse der Informationsverarbeitung. Bei Interaktionen kann von einer gemeinsamen Wirkung der experimentellen Variablen auf einen Prozess ausgegangen werden. Wird dieses Modell um den Faktor Gruppenzugehörigkeit, etwa Patienten und Kontrollgruppe, erweitert, und werden danach Dreifach-Interaktionen gefunden, die sich in der a posteriori Analyse durch eine Interaktion der experimentellen Variablen nur in der Patientengruppe, nicht jedoch in der Kontrollgruppe erklären lassen, kann man von einem spezifischen Funktionsdefizit in der Patientengruppe ausgehen (Krieger, Lis und Gallhofer 1998). Mit dieser Analysemethode ist es möglich, Hypothesen über die Existenz unabhängiger Subprozesse zu überprüfen. Deren Eigenschaften können durch sich anschließende Reaktionszeiterlegungen weiter bestimmt werden.

Diesem Ansatz folgend, isolierte Krieger (1999) in einem Reaktionszeiterlegungsparadigma anhand von Aufgaben auf drei verschiedenen Komplexitätsniveaus bei akut erkrankt, neuroleptika-naiven schizophren erkrankten Personen die Responseauswahl als einen selektiv gestörten Teilprozess der kognitiven Verarbeitung im Sinne von Donders (1968). Anschließende Untersuchungen mit weiteren Patientengruppen konnten zeigen, dass dieses Defizit spezifisch für ersterkrankte, unbehandelte schizophrene Patienten ist (Krieger et al. 2001a, 2001b, zur Problematik der Spezifität s.u.).

Kennzeichnend für die Theorie der Reaktionszeitanalyse ist jedoch ein starres Aufeinanderfolgen von Stimulusaufnahme, Transformation und Reaktionsabgabe.

Die einzelnen Aufgaben erfordern jeweils eine Handlung, die - abgesehen von auftretenden Übungseffekten - weitestgehend unabhängig von vorausgegangenen Prozessen ist. Das spiegelt eine rein experimentelle Bedingung wieder, die so in der Realität selten gegeben ist. Tatsächlich steht jede Handlung in einem komplexen Wechselspiel mit der Umgebung. Jede Aktion verändert die jeweiligen Anforderungen der Umwelt an den Organismus. Damit ist ein ständiger Abgleich der augenblicklichen Situation und dem Ziel, das erreicht werden soll, erforderlich. Ist das Ziel noch nicht erreicht, wird eine erneute Operation durchgeführt. Weiterhin ist jede einzelne Handlung das Endprodukt einer Kette von kognitiven Teilprozessen. Miller, Pribram und Galanter (1960) schlugen deshalb eine kybernetische Analyse des Verhaltens in Form von Handlungen, Rückkopplungsschleifen und Neuorganisation der Handlung als Reaktion auf Rückkopplungen vor. Sie

fürten eine Handlungseinheit ein, die sie TOTE-Einheit nannten (für **T**est-**O**perate-**T**est-**E**xit). Posner (1974) beschreibt die TOTE-Einheit als begrifflichen Rahmen, um zielgerichtete Reizverarbeitung und Handeln zu beschreiben. Schleifenförmig werden die Ergebnisse der Aufnahme von Reizmerkmalen und/oder von motorischen Aktionen mit einem vorgegebenen Zielkriterium verglichen, bis beispielsweise ein Perzept gebildet oder ein Handlungsziel erreicht ist. Das Konzept der TOTE-Einheit kennzeichnet kognitive Verarbeitung als wissensbasiert, z.B. im Sinne von Zielvorgaben und Zwischenspeicherung von erreichten Teilschritten, und adaptiv, d.h. das Verhalten passt sich an die aktuellen Gegebenheiten an (Krieger 1999, Mandler 1985). Die Anpassung des Verhaltens an vorausgegangene Verarbeitungsleistungen und die Integration der Verarbeitungsergebnisse in die weitere Verarbeitung wird so zum zentralen Element der Kognition.

Ein Aufgabentyp, der in besonderer Weise das Zusammenspiel von Perzeption und offenen oder verdeckten Aktionen (etwa motorischen Handlungen oder Umfokussierungen der Aufmerksamkeit) erfordert und in dem das serielle Konzept der Informationsverarbeitung um die Existenz von schleifenförmigen Wiederholungen einer Informationsverarbeitungssequenz erweitert wird, sind Labyrinthaufgaben.

Um der Komplexität kognitiver Funktionen des Gehirns gerecht zu werden, ist von neuropsychologischen Testverfahren zu fordern, dass sie unterschiedliche Komplexitätsgrade enthalten und bestmöglich die Anforderungen außerhalb des Labors simulieren. Labyrinthuntersuchungen und psychometrische Labyrinth-Tests erfüllen diese Bedingung und haben in der klinischen Neuropsychologie (z.B. Porteus, DeMonbrun und Kepner 1944, Porteus 1965, Milner 1965, Canavan 1983, Karnath, Wallesch und Zimmermann 1991, Karnath 1989, Daum et al. 1991) sowie in der Schizophrenieforschung (u.a. Foulds 1951, 1952, 1963, Shapiro, Slater und Campbell 1962, Gallhofer et al. 1996a, b, 1997, 1999, Krieger, Lis und Gallhofer 2001b, Lis et al. 2005) seit langem ihren festen Platz (s. Überblick bei Lis 2000).

In der psychiatrischen Kognitionsforschung findet vor allem eine Subgruppe von Labyrinthaufgaben Anwendung, die bereits 1914 als psychometrischer Test von Porteus ursprünglich als Papier-und-Bleistift-Verfahren, eingeführt wurde. Diese Aufgaben werden

bis heute meist im Rahmen unterschiedlicher Testbatterien eingesetzt, z.B. als Bestandteil des Nürnberger Altersinventars (NAI, Oswald & Fleischmann 1995), als Teil der Wechsler Intelligence Scale (WISC-R, Wechsler 1974), im Rahmen graphomotorischer Entwicklungstests (Rudolf 1986) sowie bei unterschiedlichen psychiatrischen Erkrankungen wie Schizophrenie (Shapiro, Slater und Campbell 1962, Gallhofer et al. 1996a, b, 1997, 1999, Krieger, Lis und Gallhofer 2001b, Lis et al. 2005), Demenzen (Mack und Patterson 1996, Ott et al. 2003, Taylor 1996), aber auch bei hyperaktiven Kindern (Stein 2003, Kondo 1996).

Bei diesem Typ von Labyrinthaufgaben werden die Labyrinthe als vollständig sichtbare Wegsysteme in zweidimensionaler Darstellung landkartenähnlich zur Bearbeitung vorgelegt. In der Regel wird dabei ein Labyrinth nur einmal präsentiert. Die Leistung der Probanden wird dabei primär als Zeitbedarf für die Aufgabenlösung erfasst, obwohl Porteus (1965) zusätzlich auch eine qualitative Auswertung der verschiedenartigen Fehlertypen definiert hat (vgl. Übersicht bei Lis 2000).

Die Bearbeitung von diesen für den Probanden unbekannten Labyrinthmustern muss als ein Prozess betrachtet werden, der Aufmerksamkeit absorbiert und so als kontrolliert gilt (Shiffrin, Dumais und Schneider 1981, Ivry 1996). Diese Labyrinthaufgaben sollen vor allem räumlich-visuelle Planungsprozesse und die Fähigkeit zu prozessorientiertem Problemlöseverhalten (von Cramon, Mai und Ziegler 1995, Lezak 1976) und deren Umsetzung in motorische Aktionen erfassen. Bei der Aufgabenlösung wird jedoch nicht nur ein einzelner, isoliert zu betrachtender kognitiver Prozess beansprucht: Die Leistung des Labyrinthlösens basiert auf dem Zusammenspiel einer Vielzahl elementarer kognitiver Funktionen und deren Interaktion. Labyrinthaufgaben haben daher den Vorteil, dass sie sich durch eine hohe Oberflächengültigkeit auszeichnen, d.h. sie simulieren das Zusammenspiel zahlreicher unterschiedlicher Funktionen, wie es auch von Tätigkeiten, die im alltäglichen Leben von Bedeutung sind, gefordert wird. Der Nachteil dieses Aufgabentyps ist jedoch, dass die einzelnen beanspruchten kognitiven Prozesse nur schwer zu trennen sind. Dies ist vor allem relevant, wenn der Beitrag einzelner Funktionsbereiche zur Leistung einer Aufgabenbearbeitung interessiert, wie es z.B. bei der Identifikation spezifisch gestörter Teilfunktionen im Rahmen psychiatrischer Erkrankungen der Fall ist (siehe Lis 2000). Eine Möglichkeit bietet das Experimentieren mit Labyrinthaufgaben, d.h. der isolierten Variation einzelner Teilaspekte der Aufgabe und eine Untersuchung

ihrer Auswirkungen auf das Verhalten bei der Aufgabenbearbeitung (s. Gallhofer et al. 2001b, Krieger et al. 1998, Lis 2000, Lis et al. 2005). Hierbei hat sich der Einsatz einer computergestützten Aufgabenpräsentation als hilfreich erwiesen. Sie eignet sich im besonderen Maße für die Variation von Aufgabenmerkmalen wie Stimuluseigenschaften und Bewegungscharakteristika.

Es ist anzunehmen, dass Labyrinth auf der Basis von im Arbeitsgedächtnis (s. 1.2.2.2) zwischengespeicherten mentalen Repräsentationen bearbeitet werden. Das Prinzip der mentalen Repräsentation geht auf Tolman (1948) zurück, der in einer Reihe von Experimenten Beobachtungen machte, die nur durch die Repräsentation von räumlichen Vorstellungen im Gedächtnis erklärbar sind. Tolman sprach in diesem Zusammenhang von kognitiven Landkarten („cognitive maps“) und grenzte diese, obwohl selbst Behaviorist, von den Stimulus-Response Modellen ab. Kognitive Repräsentationen der äußeren Umwelt werden genutzt, um sich effektiv im Raum zu bewegen. Engelkamp und Pechmann (1988) definieren mentale Repräsentationen als

*„...systeminterne Zustände, von denen man annimmt, dass sie systemexterne Zustände abbilden“ (1988, S.2).*

Man kann also annehmen, dass kennzeichnend für die Responseselektion eine Verknüpfung des aktuellen Reizereignisses mit den mental repräsentierten potentiell möglichen Handlungsalternativen ist. Weiterhin ist anzunehmen, dass dies im Modus der kontrollierten Verarbeitung (Ivry 1996) geschieht.

Lis (2000) interessierte in ihren Labyrinthuntersuchungen unter anderem, ob und wie sich die Auswirkungen erhöhter Anforderungen an stimulusbezogene Prozesse durch eine Variation der Anforderung an responsebezogene Prozesse beeinflussen lassen, d.h. ob der Effekt der Einführung von Entscheidungspunkten oder einer unterschiedlichen Komplexität des zu bearbeitenden Stimulus abhängig ist von der Schwierigkeit der geforderten motorischen Reaktion.

In der genannten Untersuchung kamen drei unterschiedliche Stimulusvorlagen zum Einsatz (s. Abb. 3.2.1, S. 52). Dabei unterscheiden sich die Vorlagen B und C in der Exis-



tenz von Entscheidungspunkten, während in A und B die Komplexität der Stimulusvorlagen variiert wurde. Beide Bedingungen wurden - im Sinne einer Variation der Bewegungsschwierigkeit - mit unterschiedlichen Cursorgrößen bearbeitet.

In der Analyse zeigten sich jedoch keine Interaktionen zwischen den Teilfunktionen beider kognitiver Bereiche. Dieses Ergebnis interpretierte Lis dahingehend, dass beide kognitiven Bereiche unabhängig voneinander agieren. Für Lis eine unbefriedigende Interpretation, denn es ließ sich wie bereits oben erwähnt, bei chronisch erkrankten, schizophrenen Personen eine wechselseitige Beeinflussung von stimulus- und responsebezogenen Anforderungen beobachten.

## 1.2 Schizophrenie

In den letzten Jahrzehnten rückten zunehmend die kognitiven Alterationen von schizophrenen Personen in den Fokus der (kognitiv-) psychologischen und psychiatrischen Forschung. In der Fachliteratur wird immer wieder der geheimnisvolle Charakter schizophrener Erkrankungen hervorgehoben:

*"Schizophrenia remains perhaps the most enigmatic of the diseases of the central nervous system. "* (Andreasen 1994, S.245)

Nach Andreasen wurde dieser Eindruck nicht zuletzt durch die große Unterschiedlichkeit und Vielfalt der Symptome sowie der Komplexität der jeweiligen Krankheitsbilder erzeugt, angesichts derer sich immer wieder erneut die Frage nach der mit der Schizophrenie implizierten Krankheitseinheit stellt:

*"The only unifying theme in this diversity is that schizophrenia is a catastrophic illness that affects multiple cognitive and emotional systems..."* (Andreasen 1994, S.245)

Schizophren erkrankte Personen haben schon für den Laien erkennbare Probleme der Perzeption, des Denkens und des Handelns. Die Forschung widmet sich seit langem dieser Krankheit, kam aber erst innerhalb der letzten einhundert Jahre zu einem ab-

grenzbaren Konzept schizophrener Psychosen. Im deutschsprachigen Raum wird die Identifikation der Schizophrenie Emil Kraepelin zugeschrieben. Er dürfte einer der ersten gewesen sein, der trotz der Unterschiedlichkeit, Individualität und Komplexität jedes einzelnen Falles von einer Einheit in der Vielschichtigkeit ausging. Er unterschied anhand seiner extensiven Beobachtungen zwischen einer Psychose, die in jungen Jahren ausbricht und einen chronischen und zerstörerischen Verlauf nimmt, sowie einer in jedem Lebensalter beginnenden Erkrankung mit episodischem Charakter und eher guter Prognose. Kraepelin (1896) übersetzte für erstere den von Morel (1856) in Frankreich eingeführten Begriff „*démence précoce*“ ins Lateinische („*dementia praecox*“) und nannte zweite „*manisch-depressives Irresein*“. Bleuler prägte dann 1911 den heute verwendeten Begriff der Schizophrenie (bzw. Gruppe der Schizophrenien), welcher nicht mehr impliziert, dass die Erkrankung in die Demenz (=Verblödung) führt und keine Prognose über den Ausgang der Krankheit anstellt. Der Begriff umfasst die Gruppe der endogenen Psychosen mit gleichartiger Psychopathologie, unabhängig von ihrem Ausgang (Huber 1999). Für Bleuler (1911) lag das einigende Moment in einem Verlorengehen des strukturellen Zusammenhangs der Persönlichkeit. Denken, Affekt und Erleben passen nicht mehr zusammen, die Interaktion von Umwelt und Selbst ginge verloren. Von Bleuler (1911) stammt auch die Unterscheidung zwischen fundamentalen (Spiegelung einer vermuteten Grundstörung) und akzessorischen Symptomen (psychische Reaktion auf das Erleben der Krankheit). Für fundamentale Symptome hielt er u.a. allgemeine affektive Verflachung, Assoziationsstörungen, Autismus und Ambivalenz. Als akzessorisch und weniger wichtig bewertete er Wahnideen und Halluzinationen, da diese auch bei einer ganzen Reihe anderer psychiatrischer Erkrankungen aufträten.

Die Auffassung Bleulers prägte über Jahrzehnte das Verständnis der klinischen Psychiatrie, bis sich die Ansicht des Deutschen Kurt Schneider (1939) durchzusetzen begann. Er führte das Konzept der Schizophrenie als schwere psychotische Störung im Sinne Kraepelins zurück. Schneider, der klare Entscheidungskriterien zur Diagnosefindung zur Verfügung haben wollte, teilte die schizophrenen Symptome in solche ersten Ranges (spezielle psychotische Symptome wie z.B. Gedankenlautwerden, körperliche Beeinflussungserlebnisse, wahnhafte Wahrnehmung usw.) und zweiten Ranges (alle nicht zu den Symptomen erste Ranges zählende Sinnestäuschungen, Wahneinfälle, Ratlosigkeit

u.a.) ein. Das Auftreten von Erstrangsymptomen deutete Schneider als sicheres Zeichen für das Vorliegen einer schizophrenen Erkrankung. Schneiders Unterteilung, gedacht als Entscheidungshilfe, aber ebenso Kraepelins Verlaufskriterien und Bleulers Unterscheidung verschiedener fundamentaler und akzessorischer Symptome haben Eingang gefunden in die modernen operationalen Diagnosesysteme DSM-IV (APA 1994) und ICD-10 (WHO 1991).

Seit Anfang der achtziger Jahre wird zunehmend zwischen Positiv- und Negativsymptomatik differenziert (Andreasen 1982). Als positive Symptome werden u.a. Halluzinationen, Wahnphänomene, positive formale Denkstörungen (Zerfahrenheit) oder desorganisiertes Verhalten verstanden, als negative Symptome u.a. Alogie, Affektverarmung, Apathie und sozialer Rückzug. Auch Crow (1980, 1985) beschreitet mit seiner Unterteilung in Typ I und Typ II Schizophrenie das Konzept der positiven und negativen Symptome, inkludiert aber noch andere Kriterien wie z.B. das Ansprechen auf Neuroleptika und strukturelle Besonderheiten des Gehirns.

Bleuler erkannte noch nicht die Bedeutung der kognitiven Störungen als führende Eigenschaft der Schizophrenie. Er beschrieb beobachtete kognitive Auffälligkeiten insbesondere bei Patienten mit negativer Symptomatik als mehr oder weniger zufällig und mit dem Negativismus assoziiert. In der damaligen Zeit wurden psychologische Erklärungen für psychiatrische Erkrankungen ohne organisches Korrelat im Allgemeinen favorisiert. Kognitive Störungen wurden allein bei bestehendem hirnnorganischem Abbau wie zum Beispiel dem Morbus Alzheimer, attestiert (vgl. Rogers 1997).

Heute sind mindestens zwei verschiedene Ansätze der Erforschung der Kognition von Personen, die an Schizophrenie leiden, von Bedeutung: Die klinische Neuropsychologie und die experimentelle Psychologie (Green 1998). Erstere beschäftigt sich z.B. mit vergleichenden Studien zwischen Patienten mit Hirnschädigungen und solchen mit Schizophrenie. Es wird nach den neuronalen Grundlagen für normales und abweichendes Verhalten gefahndet, nach dem Zusammenhang zwischen der gestörten Hirnstruktur und Funktion derselben (Wiedel und Schöttke 1993, Heaton, Baade und Johnson 1978). Das Ziel experimenteller Psychologie ist ein Verständnis und eine Charakterisierung kognitiver Defizite schizophrener Patienten. Der Einsatz experimentalpsychologischer

---

Konzepte in der Psychiatrie ermöglicht die Entwicklung funktioneller Erklärungsansätze für gestörtes Verhalten und erlaubt es, Paradigmen für deren Untersuchung zu entwickeln (Krieger 1999).

### **1.2.1 Ätiologie und Pathomechanismus der Schizophrenie**

Obgleich die Schizophrenie schon seit langem erforscht wird, gibt es zur Genese nur Konzepte und Vermutungen. Die Ursache, die als alleiniger Auslöser der Schizophrenie anzusehen ist, ist bislang nicht bekannt. Über die Entstehung der Erkrankung gibt es verschiedene Theorien: Es werden genetische Ansätze (Andreasen und Black 1993, Braff und Geyer 1990, Gelder, Gath und Mayou 1989), geburtstraumatische (Aschauer et al. 1994), aber auch immunologische Faktoren (Kaschka 1995) und eine Virushypothese (Crow 1983, Eagels 1992, Kaschka 1989) diskutiert. Als wichtige psychosozial motivierte Denkmodelle wurden lange die Double-Bind-Theorie (Bateson et al. 1956) und im Bezug auf Exazerbation das Expressed-Emotions-Konzept (Vaughn und Leff 1976) diskutiert. Double-bind Kommunikation zwischen Eltern und Kind ist durch eine permanente Doppeldeutigkeit der Kommunikation gekennzeichnet. Das Kind empfängt mehrere Botschaften (meist eines Elternteils), die einander widersprechen, kann aber auf den Widerspruch nicht hinweisen und sich diesem auch nicht entziehen. Das Gefühl der Verwirrung und Unausweichlichkeit einer Situation wird erzeugt. Das Expressed-Emotions-Konzept beschreibt das Ausmaß emotional getönter Kommunikation (positive oder negative (Kritik) Emotionen) der Eltern als mitverantwortlich für mögliche Rückfälle. Sowohl das Konzept des Double-Bind als auch der Expressed-Emotions werden heute eher kritisch betrachtet (Rey und Thurm 1998).

Angesichts der Vielzahl der verschiedenen Erklärungsmodelle wird heute zunehmend versucht, diese monokausalen Denkansätze zu Gunsten einer multifaktoriellen Theorie aufzugeben. Breite Akzeptanz hat das Diathese-Stress-Modell, das, aufbauend auf die Vulnerabilitätstheorie von Zubin und Spring (1977), von Nuechterlein und Dawson (1984) entwickelt wurde. Das Diathese-Stress-Modell geht von einer wahrscheinlich ge-

netisch vermittelten Vulnerabilität aus, wobei die letztendliche Ausprägung der Störung von Umweltfaktoren abhängig gemacht wird.

Die meisten aktuellen Konzepte gehen von einer neurobiologischen Grundlage der Schizophrenie im Sinne struktureller und funktioneller Abweichungen aus. Da die Informationsaufnahme und -verarbeitung im Gehirn über Synapsen unter Vermittlung von Neurotransmittern im synaptischen Spalt funktioniert, können rein funktionelle Störungen der Transmittersynthese, -transmission oder -rezeption, aber auch strukturelle Anomalien zu Beeinträchtigung der psychischen und sozialen Funktionen führen. Jedoch sind die Neurochemie und die Mikrostruktur des Gehirns keine statischen Größen, sondern unterliegen lebenslangen, von Umwelt und Verhaltensmöglichkeiten abhängigen Modifikationen. So ändert sich die Zahl und Effizienz der Synapsen ständig (Rakic 1989, Rolls und Treves 1998). Ira Black (1991) stellt ebenfalls fest, dass jede Art von Informationsverarbeitung die molekulare Struktur, die Morphologie und die Anzahl der Synapsen verändert und sich dadurch auf zukünftige Informationsverarbeitungsprozesse auswirkt. Das Gehirn ist somit in der Lage, sich an die unmittelbar erlebten Folgen seines eigenen Verhaltens anzupassen. Kommt es auf Synapsen- oder Transmitterebene zum Versagen dieses Mechanismus, können erhebliche kognitive und Verhaltensprobleme, wie sie beispielsweise auch der Diagnose einer Schizophrenie zugrunde liegen, auftreten.

#### **1.2.1.1 Pathophysiologie und Pathobiochemie**

Der bekannteste biochemische Ansatz der Pathogenese der Schizophrenie ist die Dopaminhypothese. Sie stützt sich zum einen auf das gute Ansprechen der Positivsymptomatik schizophrener Personen auf Dopaminantagonisten (Benkert und Hippus 1996), zum anderen auf die Symptomprovokation durch geringe Mengen Levo-Dopa oder Amphetamin bei Personen mit Schizophrenie (Snyder 1982). Da bei Personen mit Typ-I-Schizophrenie (s.o. 1.2.) keine konsistenten pathologischen Hirnveränderungen feststellbar sind, geht man von einer Vermehrung bzw. Übererregbarkeit von Dopaminrezeptoren des Typs 2 ( $D_2$ ) aus (Birbaumer und Schmidt 1996).

Die Dopaminhypothese umfasst einen zweistufigen Ansatz. Es wird von einem mesolimbisch-mesokortikalen Ungleichgewicht ausgegangen, mit frontaler Hypodopaminergie und einer daraus resultierenden mesolimbischen Hyperdopaminergie (Cohen und Servan-Schreiber 1992, Crow 1980, Weinberger 1987).

Das dopaminerge System ist zwar am besten untersucht, stellt aber allem Anschein nach nicht das einzige gestörte Transmitter-System in der Pathogenese der Schizophrenie dar. Es wird eine Beteiligung glutamaterger, serotonerger, GABA-erger oder peptiderger Systeme angenommen (Rao und Möller 1994, Kornhuber und Weller 1994); Gattaz, Nevalainen und Kinnunen (1990) vermuten eine mögliche Beteiligung der Phospholipase A2 an der Pathogenese der Schizophrenie.

Mit Hilfe moderner bildgebender Verfahren (rCBF, SPECT, f-MRI und PET) ist es möglich, funktionelle Veränderungen des Gehirns festzustellen (Andreasen 1989, Gur und Pearlson 1993). Insbesondere eine Minderperfusion der linken Hemisphäre des frontalen Kortex bei schizophren Erkrankten vom Typ I wurde nachgewiesen (Birbaumer und Schmidt 1996), während PET- Studien verminderte Glukoseverwertung im Frontallappen zeigen (Andreasen und Black 1993). Einige Befunde sprechen für eine erhöhte Dichte von D<sub>2</sub>-Dopaminrezeptoren in den Basalganglien unbehandelter schizophrener Patienten, andere Untersucher konnten dieses Ergebnis jedoch nicht absichern (Wienhard 1995).

### **1.2.1.2 Pathomorphologie**

Ebenso wie rein funktionelle Abnormalitäten des Hirnstoffwechsels können auch morphologische Veränderungen im Gehirn schizophrener Menschen gefunden werden. Dabei konnte noch kein allgemeingültiges Korrelat identifiziert werden (Bogerts 1988, 1995).

Bei Personen mit einer Typ-II-Schizophrenie, die vorwiegend durch negative Symptomatik charakterisiert sind (Crow 1980, 1985) und nur sehr geringe oder keine Reaktion auf die Gabe von Dopaminantagonisten zeigen, konnten Anzeichen einer pathologischen Veränderung der Hirnstruktur festgestellt werden (Roberts 1990, Suddath et al. 1990).

Auf der Suche nach dem morphologischen Substrat der Schizophrenie waren bereits 1927 von Jakobi und Winkler (1927) Ventrikelerweiterungen beschrieben worden. Mit bildgebenden Verfahren (MRT, CT, Pneumoencephalographie) konnten am häufigsten leichte bis mittlere Erweiterungen der internen Liquorräume (insbesondere des linken unteren Seitenventrikels) nachgewiesen werden (Andreasen et al. 1990, Rossi et al. 1988). Andreasen und Braff (1993) vermuten einen Zusammenhang zwischen Vergrößerung der Ventrikel und kognitiver Beeinträchtigung sowie ungenügender Reaktion auf die Behandlung mit Neuroleptika. Weiterhin fanden sich bei untersuchten Gehirnen schizophrener Personen Verkleinerungen des Kleinhirns, des Frontalhirns, Veränderungen des Balkens sowie eine verminderte Größe des Temporallappens (Gross und Huber 1988, Heiß 1995, Schreiber und Kornhuber 1995). Bogerts und Lieberman (1993) vermuten, dass diese Veränderungen das Resultat einer frühen Hirnentwicklungsstörung seien und nicht die Folge einer degenerativen Entwicklung. Birbaumer und Schmidt (1996) beschreiben eine gestörte Migration von Neuronen in der Endphase der Hirnrindenentwicklung im 2. und 3. Trimenon der Schwangerschaft, vor allem im temporo-hippocampalen Bereich.

### **1.2.1.3 Laterale Dysfunktion**

Nur kurz erwähnt werden soll das Konzept der lateralen Dysfunktion (vgl. Gruzelier 1997). Der Ansatz geht der Frage nach, in welchem Zusammenhang schizophrene Symptomatik mit lateralisierten Funktionsstörungen der Hemisphären steht. Er gründet sich auf Beobachtungen von Patienten, deren Epilepsie durch einen linksseitigen temporalen Herd verursacht war und die im Zuge ihrer Erkrankung eine schizophrene Symptomatik entwickelten (Flor-Henry 1974). Gruzelier (1984) nimmt an, dass bestimmte Kennzeichen der Schizophrenie mit entweder der linken oder der rechten Hemisphäre assoziiert sind. So sollen positive Symptome der Schizophrenie mit Überaktivität der linken und Unterfunktion der rechten, negative Symptome aber mit Überfunktion der rechten Hemisphäre einhergehen (Gruzelier 1984). Als Ursache für diese Form der Lateralisierung wird eine gestörte Transmission durch das Corpus Callosum angenommen.

## 1.2.2 Kognition und Schizophrenie

Kognition wird im psychologischen Wörterbuch (Dorsch 2004, S.488) bezeichnet als „Sammelname für alle Vorgänge oder Strukturen, die mit dem Gewahrwerden und Erkennen zusammenhängen, wie Wahrnehmung, Erinnerung (Wiedererkennen), Vorstellung, Begriff, Gedanke, aber auch Vermutung, Erwartung, Plan.“ Die kognitive Wissenschaft ist ein umfassender, fächerübergreifender Ansatz zur Untersuchung der Systeme und Prozesse der Informationsverarbeitung.

Neisser (1967) erklärt zur Kognitiven Psychologie:

*„In dieser hier benutzten Bedeutung meint der Begriff Kognition all jene Prozesse, durch die der sensorische Input umgesetzt, reduziert, weiterverarbeitet, gespeichert, wieder hervorgeholt und schließlich benutzt wird. Er meint diese Prozesse auch dann, wenn sie ohne Vorhandensein entsprechender Stimulation verlaufen, wie bei Vorstellungen oder Halluzinationen.“* (dt. Übersetzung 1974, S.19).

Seit einigen Jahren wird die Erforschung kognitiver Störungen im Zusammenhang mit psychopathologischen Phänomenen vorangetrieben. Störungen kognitiver Funktionen gelten als bedeutend für die Entstehung und Erhaltung insbesondere der Schizophrenie (Green 1998). Besondere Bedeutung kommt dabei Grundstörungen oder sog. Basisstörungen (Süllwold 1977) zu, die den Versuch darstellen, die beobachtbare klinische Symptomatik auf einige wenige Basisstörungen zurückzuführen. Dieser Ansatz ist der Beschreibung der o.g. Bleulerschen fundamentalen Symptome nicht unähnlich. Weiterhin gibt es eine Vielzahl von Fakten und Belegen dafür, dass kognitive Defizite auch in Remission und vor Ausbruch der Erkrankung evident sind („trait“). Die klinische Symptomatik kann nach diesem Ansatz also sekundär aufgrund von unkontrollierten Wechselwirkungen eines primären kognitiven Defektes mit Umweltaforderungen auftreten (Hemsley 1977).

Ein wichtiger Aspekt bei der Bewertung und Einordnung dieser Ergebnisse ist die Frage nach der Spezifität. Spezifität meint, dass es Merkmale von Patienten gibt, die typisch für die vorliegende Krankheit sind, nur hier auftreten und bei anderen Erkrankungen nicht. In der Literatur werden häufig Unterschiede in bestimmten kognitiven Funktionen



zwischen Patienten und gesunden Kontrollen in Form einer Leistungsminderung bei den Patienten als möglicherweise spezifisch angesehen. Dieser Schluss ist jedoch oft nicht zulässig, da für die beobachteten Effekte zahlreiche Alternativerklärungen denkbar sind. So können Patienten auch schlechte Leistungen zeigen, weil sie z. B. durch nächtliche Unruhe auf der Station sehr müde sind oder in der Untersuchungssituation ein erhöhtes Angstniveau aufweisen.

Notwendig, aber nicht hinreichend zur Ermittlung gestörter kognitiver Subprozesse ist die Zusammensetzung der klinischen Gruppe. Eine Homogenität hinsichtlich der Klassifizierung der Untergruppen der Schizophrenie, der Erkrankungsdauer und der Medikamentenanamnese ist anzustreben, um mögliche Quellen der Variation auszuschließen (Krieger 1999). Der Nachteil einer eingeschränkten Generalisierbarkeit der Befunde auf die Gesamtstichprobe schizophrener Patienten erscheint gerechtfertigt, da zahlreiche Befunde darauf hindeuten, dass sich kognitive Einbussen abhängig von Variablen wie dem Medikationszustand (Gallhofer et al. 1996b, Krieger et al. 2001a), oder der Erkrankungsdauer (Krieger et al. 1998) unterscheiden.

Krieger (1999) gibt einen Überblick über die Probleme der experimentellen Kontrolle und verweist auf eine elegante Möglichkeit zur Lösung. Der Logik des „matched pair“ Ansatzes von Chapman und Chapman (1978) folgend, unterstreicht der Autor, dass bei der Identifikation von Störungen, die spezifisch für die Schizophrenie sind, selektive Störungsmuster bestimmt werden sollten. Je differenzierter das ermittelte Muster, desto unwahrscheinlicher ist sein Auftreten bei anderen Erkrankungen. Krieger (1999) führt aus, dass das im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen fast immer zu beobachtende reduzierte Leistungsniveau der Patienten ohne internen Vergleichsmaßstab, der die intakten kognitiven Fähigkeiten der klinischen Gruppe abbildet, den Schluss auf eine spezifische Dysfunktion nicht rechtfertigt. Es ist vielmehr von Bedeutung, über geeignete Auswahl von Untersuchungsparadigmen, die Isolierung von gestörten Funktionen zu ermöglichen. Erst wenn Störungen selektiv einzelne Bereiche eines Modells betreffen und andere unberührt lassen, wird eine Spezifitätsaussage möglich. Das trägt mehr zur Klärung der Pathogenese bei als die Feststellung einer generellen Verlangsamung z.B. in Reaktionszeitparadigmen, die bei verschiedensten klinischen Gruppen auftritt.

Bei nicht oder nur vage bekannten Sub- oder Teilprozessen kann die Methode der additiven Faktoren Sternbergs (1969) eingesetzt werden, auf die weiter oben (vgl. 1.1.2) genauer eingegangen wurde.

Heute existieren eine Vielzahl von Modellen, die versuchen, Schizophrenie auf das Vorliegen bestimmter kognitiver Defizite zurückzuführen. Im Folgenden werden hier kurz einige Ergebnisse der kognitionspsychologischen Forschung mit schizophrenen Patienten skizziert.

McGhie und Chapman (1961) gehören zu den Pionieren der theoretischen Erforschung kognitiver Störungen schizophrener Personen. Sie gehen davon aus, dass der Schizophrenie ein gestörter Wahrnehmungsfilter zugrunde liegt. Sie fanden erhöhte Ablenkbarkeit bei leistungsintensiven Aufgaben und Sprachwahrnehmungsdefizite bei den untersuchten Patienten. Die Gruppe zeigte sich außerstande, die redundante Struktur der Sprache zu nutzen, um Informationen selektiv auszuschalten (McGhie, Chapman und Lawson 1965a, b). McGhie und Chapman (1961) interpretieren ihre Befunde als Zusammenbruch der Informationsfilterfunktion des Wahrnehmungsapparates. Die resultierende Überlastung angenommener Wahrnehmungsspeicher führe zu allgemeiner Verlangsamung und Verlust essentieller Informationen.

Shakow (1962, 1963) geht von einer Basisstörung aus und ist der Begründer der „mental set“ Theorie. Er beschreibt bei Schizophrenie die Störung eines übergeordneten mentalen Sets, das eine integrative und aufmerksamkeitssteuernde Funktion hat. Nach Shakow führt die Desintegration des Sets dazu, dass bisher automatisierte Vorgänge wieder ins Zentrum der Aufmerksamkeit geraten und kortikale Prozesse behindern. Er stützt seine Aussage auf die Leistung, die schizophrene Personen in Reaktionszeit-Experimenten erbrachten. Die Patienten konnten nicht von der Regelmäßigkeit von Stimulusintervallen profitieren, und Shakow deutete dies als Unfähigkeit, eine dauernde Reaktionsbereitschaft aufrechtzuerhalten. Hemsley (1976) postulierte, dass bei schizophrenen Patienten eine Störung auf *verschiedenen* Ebenen der informationsverarbeitenden Prozesse vorliegen könnte. Er fand, dass nicht die Phase der physikalischen Stimulusanalyse gestört ist, sondern eine höhere Ebene, wie z.B. die Responseauswahl nach erkanntem Bedeutungsgehalt dieses Stimulus (Hemsley und Richardson 1980).

Diese Ansicht spiegelt den Trend, die Schizophrenie als gestörte Integration komplexerer Prozesse anzusehen. Es beginnt sich die Ansicht durchzusetzen, dass man es bei Schizophrenie nicht mit einer generellen Verlangsamung kognitiver Prozesse zu tun hat, sondern höchstwahrscheinlich spezifische Sub-Prozesse betroffen sind, die eine adäquate Reizantwort verlangsamen.

Poljakow (1973) beschreibt die schizophrene Grundstörung als eine mangelnde Selektivität bei der Bewertung relevanter Informationen zur Aktualisierung von Erfahrungswissen. Er meint, die Beschäftigung schizophrener Patienten mit latent irrelevanten Merkmalen in einer Anforderungssituation behindere die Optimierung der Erkenntnistätigkeit und führe zu mangelnder Anpassung an alltägliche Anforderungen. Diese Leistung ist bei Patienten mit hirnnorganischen Beeinträchtigungen oft noch erhalten. Klinisch zeigen die schizophrenen Patienten deshalb oft ein Bild der unbestimmten Ratlosigkeit.

Auch in der bereits oben erwähnten Vulnerabilitäts-Theorie von Zubin und seiner Arbeitsgruppe (Zubin 1977, Spring und Zubin 1978) steht die Aufmerksamkeit im Mittelpunkt. Zubin gliedert Aufmerksamkeitsleistungen in drei Komponenten, nämlich Selektion, Aufrechterhaltung und Wechsel. Aus der Analyse der Reaktionszeiten von durchgeführten cross-modalen Experimenten (d.h. das Warnsignal wird in einer anderen Modalität dargeboten als der Stimulus) vermutet Zubin (1975) die entscheidende Beeinträchtigung schizophrener Personen im Bereich des Wechsels („shift“) der Aufmerksamkeit, insbesondere zwischen verschiedenen Sinnesmodalitäten. Auch Nuechterlein (1977) interpretiert seine Untersuchungen dahingehend, dass schizophrene Personen an einer Störung leiden, die es ihnen erschwert, flexibel und situationsadäquat ihren Fokus zu wechseln. Eine neuere Theorie der Gruppe um Cornblatt (Cornblatt et al. 1992) verknüpft die Vulnerabilitäts-Hypothese der Schizophrenie mit einem chronischen Aufmerksamkeitsdefizit. Dieses Aufmerksamkeitsdefizit führt zur kognitiven Beeinträchtigung mit der Folge, dass das Individuum mit den komplexen Erfordernissen der Umwelt nicht mehr adäquat interagieren kann. Wiederholter sozialer Stress (s.o., 1.1.1.1) kann das Auftreten der Krankheit triggern.

Andere Gruppen sehen die beschriebenen Modelle nicht als nicht tragfähig genug, die klinische Phänomenologie zu erklären. Sie beschäftigen sich mit dem Zusammenhang

kognitiver Störungen und schizophrener Symptomatik. Dabei differenzieren die meisten Studien in Anlehnung an Crow's (1980, 1985) Typologie zwischen positiver, also psychotischer, und negativer Symptomatik. Emrich (1988), der eine mögliche Systemtheorie der Schizophrenie diskutiert, hält eine reine Filter-Hypothese für nicht geeignet, produktive Symptomatik schizophrener Erkrankter zu erklären. Er schlägt deshalb eine Dreikomponenten-Hypothese der Pathogenese der psychotischen Wahrnehmung und Symptombildung vor. Dabei resultiert die Wahrnehmung grundsätzlich aus dem Zusammenwirken dreier Komponenten: eingehende Sinnesdaten („sensualistische“ Komponente), interne Konzeptualisierung („konstruktivistische“ Komponente) und Kontrolle („Zensor“ oder „Korrektur“-Komponente) bestimmen unser Bild von der Wirklichkeit. Die normalerweise im Gleichgewicht stehenden Komponenten geraten bei einer Psychose aus der Balance. Die resultierenden produktiven Störungen würden aus einem Ungleichgewicht interner Konzeptualisierungen und adaptiver Korrektursysteme bestehen, was zu einer bewussten Wahrnehmung sinnloser Hypothesen führe.

Ein anderes Modell etabliert Maher (1988) im gleichen Jahr. Seine Theorie, speziell über die Wahnsymptomatik schizophrener Patienten, legt eine gestörte Perzeption zugrunde. Die sensorisch nicht korrekt aufgefasste Information führt konsekutiv zur rationalen Fehlinterpretation. Der Verfolgungs- oder Beziehungs-Wahn entsteht aus dem Versuch des Gehirns, aus ungewöhnlichen Wahrnehmungen eine sinnvolle Hypothese zu generieren. Der Ansatz einer gestörten Perzeption und folgender Fehlattribution wird auch von Chapman und Chapman (1988) aufgegriffen und um die Komponente einer Prädisposition kognitiver Abnormalität erweitert. Nur Personen, die diese leichte Form der Denkstörung besitzen, werden bei abnormen sensorischen Perzeptionen Wahnsymptomatik entwickeln.

Ein Erklärungsmodell auditorischer Halluzinationen bietet Hoffman (1986). Er spricht von inadäquater Bewusstwerdung mentaler Repräsentationen dessen, was wir zu sagen beabsichtigen. Es kommt durch Fehlattribution zum Gefühl einer externen Generierung von Sprache. Auch Bentall (1990) spricht von der Fehlwahrnehmung interner Ereignisse als von außen kommend.

Ein explizites neuropsychologisches Erklärungsmodell zur Ergründung kognitiver und symptomatischer Zusammenhänge der Schizophrenie sowie zur Testung von Hypothesen bietet Frith (1992). Dem Modell liegt die grundsätzliche Annahme zugrunde, dass drei Arten der kognitiven Störungen für die Symptomatik der Schizophrenie verantwortlich zu machen sind. Die erste ist eine Funktionsstörung bei Planung und Start willkürlicher Handlungen („willed action“), die zweite eine Beeinträchtigung in Selbstüberwachung („self-monitoring“) und schließlich ein Defizit, sich in andere hineinversetzen zu können („inferring the mental state of others“). So sollen negative Symptome schizophrener Patienten aus dem Zusammenbruch der Möglichkeit resultieren, Handlungen zu generieren und zu starten. Die Konsequenz sind mangelnde Spontaneität und stereotype oder perseverative Verhaltensweisen. Die zentrale gestörte Komponente ist ein hypothetischer interner Monitor. Diesem kommen zwei Aufgaben zu: Erstens soll er zwischen Ereignissen, die die aktuellen Ziele („willed intention“) oder reine Reaktionen auf externe Reize („stimulus intention“) repräsentieren, unterscheiden (zur Erklärung der Ursache eigenen Verhaltens). Zweitens soll er zwischen Ereignissen unterscheiden, die durch unser eigenes Verhalten oder durch unsere Umgebung verursacht werden (Frith 1987, 1992). Bei Störung wird z.B. die innere Zwiesprache als extern erzeugt angesehen. Es resultieren Halluzinationen. Die letzte Komponente, die Unfähigkeit, die Absichten anderer Menschen adäquat zu „monitoren“, kann schließlich zu Beziehungswahn oder paranoider Verarbeitung führen.

Einem anderen Ansatz folgend, versuchen Forschungsgruppen anhand neurobiologischer und neuropsychologischer Kenntnisse computergestützte Modelle neuronaler Netzwerke zu entwickeln, die den gestörten Funktionen schizophrener Patienten zugrunde liegen (Swerdlow und Koob 1987, Hoffmann und Dobscha 1989, Servan-Schreiber und Cohen 1992, Cohen und Servan-Schreiber 1992).

Es gibt also eine Vielzahl von Belegen dafür, dass die kognitiven Einschränkungen schizophrener Patienten nicht Folgeerscheinung der Krankheit, sondern deren Ursache sein könnte (Ullmann und Krasner 1975). Schizophrene Personen zeigen in einer ganzen Bandbreite von neuropsychologischen Testverfahren schlechtere Leistungen als gesunde Kontrollpersonen (Chelune et al. 1979, Payne 1973, Goldberg und Weinberger

1988). Obwohl generalisiert erscheinend, gibt es Hinweise auf ein Zusammenspiel spezifisch gestörter kognitiver Funktionsbereiche (Sullivan et al. 1994).

Im Mittelpunkt des Interesses der Erforschung der Schizophrenie stehen:

- Sprache
- Gedächtnis
- Exekutive Funktion
- Aufmerksamkeit und Aktivierung

Im Folgenden wird auf die einzelnen Unterpunkte eingegangen. Es werden Testverfahren zur Erfassung von Einschränkungen in den einzelnen Bereichen vorgestellt.

### **1.2.2.1 Sprache**

Patienten, die an Schizophrenie leiden zeigen häufig Störungen der Sprache (Übersicht bei Covington et. al. 2005). Andreasen (1979) gibt einen Überblick über verbales Verhalten schizophrener Patienten: Sie beschreibt Verarmung („poverty of speech“), Entgleisung („derailment“), Zielverlust („loss of goal“), Perseveration, Abschweifigkeit („tangentiality“) und Inkohärenz der Sprache. In der Literatur wird diskutiert, ob die Sprachstörung der schizophrenen Personen primärer Natur sei, Folge zugrunde liegender Denkstörungen oder in Weiterführung von Störungen der Aufmerksamkeit oder exekutiver Funktionen entstände (Morice 1986, Schwartz 1982). Es wird auf den Zusammenhang zwischen Denken und Sprache verwiesen und vergleichend die Aphasie herangezogen. Critchley (1964) konnte zeigen, dass bei Aphasikern dem Sprechen vorgeschaltete Prozesse ungestört waren. Es sei deshalb von einer zentralen Sprachstörung auszugehen. Bei schizophren Erkrankten jedoch nahm er vorgeschaltete Denkprozesse als gestört an und postulierte, die beobachtbaren Auffälligkeiten und Defizite seien lediglich Folge dieser Denkstörungen. Dieser angedeutete linear-modulare Ansatz ist nicht unumstritten. Cahill und Frith (1996) geben zu bedenken, dass Sprache nicht lediglich ein reines Ausdrücken von Gedanken ist, sondern diese moduliert werden müssen, um sie anderen mitzuteilen. Auch nutzt der gesunde Mensch rückläufige Kontrollmechanismen, um seine Sprachverarbeitung auf Adäquatheit hin zu überprüfen. Schizophrene Personen sei-

en dazu aber erst in der Lage, nachdem sie die Wörter gesprochen hätten. Leudar, Thomas und Johnston (1994) kamen zu ähnlichem Ergebnis und bezeichneten diesen Mechanismus als „self-repair“.

Nach Gourovitch und Goldberg (1996) enthält das Sprachverhalten bei schizophrenen Patienten zwei grundlegenden Faktoren: Zum einen den Mangel an exekutiver Planung und Bearbeitung, zum anderen eine Unfähigkeit, irrelevante Assoziationen zu unterdrücken. Cohen und Mitarbeiter (Cohen und Camhi 1967, Cohen, Nachmani und Rosenberg 1974), die sich mit der Sprache schizophrener Personen in diversen Testverfahren auseinandergesetzt haben, beschreiben letzteren Zustand als Perseverationsverkettung („perseverativ chaining“). Danach ist eine schizophrene Person nicht in der Lage, ein einmal generiertes, aber als unbrauchbar erkanntes Wort zu unterdrücken und assoziiert weiter zu dieser irrelevanten Information. Cohen und Mitarbeiter (Cohen und Camhi 1967, Cohen 1978) untersuchten auch die interpersonalen Kommunikationsstile bei Personen mit Schizophrenie. Sie bemerkten einen Mangel an Integration beim Ordnen und Vergleichen verbaler Erwidern. Swinney (1984) konnte in einer Studie zur Verarbeitung mehrdeutiger Wörter zeigen, dass auch gesunde Menschen zu einem zweideutigen Wort in einem eindeutigen Satzkontext beide Bedeutungen generieren, aber innerhalb etwa 1.000ms Verarbeitungszeit die kontextinadäquate Bedeutung unterdrücken. Bei schizophrenen Patienten bleiben auch über diesen Zeitraum hinaus beide Bedeutungen aktiviert. Cahill und Frith (1996) erklären Entgleisung und ablenkbare Sprache bei Schizophrenie ebenfalls mit unangemessenen Assoziationen. Inkohärenz und Zielverlust sollen auf einem Mangel an der Fähigkeit beruhen, das, was gesagt werden soll, einer internen Prüfung im Sinne der oben angedeuteten rückläufigen Kontrollmechanismen zu unterziehen. Cohen (1976) bemerkt, dass schizophrene Patienten Schwierigkeiten hatten, einen Gegenstand für jemand anderen erkennbar zu beschreiben. Im umgekehrten Fall konnten sie jedoch die Beschreibung eines Gegenstandes durch eine andere Person zur Entschlüsselung nutzen. Er fand damit eine Diskrepanz zwischen rezeptiven und expressiven verbalen Fähigkeiten schizophrener Erkrankter.

Rutter (1985) beschreibt eine weitere Beeinträchtigung im Kommunikationsvermögen. Sie betrifft die mangelnde Fähigkeit, sich ein Konzept des Gesprächspartners zu generieren, um mit ihm auf effektive Art zu kommunizieren. Die Patientengruppe scheint sich

nur ein unklares Bild von Intention und Vorwissen des Gegenübers machen zu können, was inhaltlich an das Konzept der „Theory of Mind“ von Frith (1992, Frith und Allen 1988) erinnert.

#### **1.2.2.2 Gedächtnis**

Häufig werden in kognitiven Studien mit schizophrenen Patienten Beeinträchtigungen des Gedächtnisses festgestellt (z.B. Levin, Yurgelun-Todd und Craft 1989, Tamlyn et al. 1992). Man kann grundsätzlich zwischen dem Langzeitgedächtnis und dem Kurzzeitgedächtnis unterscheiden. In jüngerer Zeit wurde das Konzept des Kurzzeitgedächtnisses zunehmend durch das Modell des Arbeitsgedächtnisses („working memory“) in den Hintergrund gestellt (s. Baddeley 1986, 1992, 1993). Beim Arbeitsgedächtnis handelt es sich um ein System, das der gleichzeitigen Aufrechterhaltung und Manipulation von Informationen dient, die für die Ausführung komplexer kognitiver Aufgaben wie dem Sprachverstehen, Lernen und schlussfolgerndem Denken notwendig sind. In dem von Baddeley und Hitch (1974) eingeführten Modell gehen die Autoren von einem modularen Aufbau des Arbeitsgedächtnisses mit drei Komponenten aus. In zwei Speichersystemen, die einerseits der Bereitstellung visuell-räumlicher Information („visuospatial sketch pad“), andererseits der Bereitstellung verbal-sprachbasierter Information („phonological loop“) dienen, werden Informationen bereitgestellt, die von der zentralen Exekutive („central executive“) aufgabenorientiert manipuliert werden. Diese Auffassung des Arbeitsgedächtnisses wird in den letzten Jahren zunehmend kritisch diskutiert (Jones et al. 2004). Einige Autoren propagieren eher das Konzept einer Unterteilung des Arbeitsgedächtnisses nach seinen Funktionen der Aufrechterhaltung („maintenance“) oder Bearbeitung („manipulation“) von Informationen (D’Esposito et al., 1999, Goldman-Rakic 1994). Das Konzept dieses aktiven Gedächtnisses umfasst begrenzte Kapazität mit Informationsspeicherung für maximal 30 Sekunden. Seine Aufgabe ist es, Information, die es auf sensorischem Wege oder über das Langzeitgedächtnis erreichen, zu überarbeiten, zu organisieren und zu überdenken (Zimbardo 1995). Als anatomisches Korrelat wird der dorsolaterale präfrontale Kortex angenommen (Goldman-Rakic und Friedman 1991), der mit dem parietalen, temporalen und cingulären Cortex in reziproker Verbindung steht. Diese Strukturen gehören ebenfalls zum Netzwerk des Arbeitsgedächtnis-



ses (Fuster 1997, Golmann-Rakic 1994). Nach Angabe einiger Autoren sollen zusätzlich die Basalganglien involviert sein (Gabrieli 1995). Studien, die den Wisconsin Card Sorting Test (Heaton 1981) verwendeten, zeigen bei schizophren Erkrankten Beeinträchtigungen des Arbeitsgedächtnisses (Goldberg et al. 1987, Green et al. 1992, Abbruzzese et al. 1995). Mit leicht abgewandelten Testverfahren zur besonderen Untersuchung von Präfrontalhirnfunktionen (Fuster 1991) untersuchten Park und Holzman (1992) schizophrene und bipolar affektiv gestörte Patienten sowie Gesunde in verschiedenen sensorischen Modalitäten. Sie fanden bei weitgehend erhaltenem verbalem Arbeitsgedächtnis klare Hinweise auf Einschränkungen in visuell-räumlichen Funktionen der Schizophrenen. Auch Keefe et al. (1995) fanden Hinweise auf vornehmlich visuell-räumliche Einschränkungen des Arbeitsgedächtnisses. In den letzten Jahren entwickelten sich N-back-Aufgaben zu einer etablierten Methode zur Untersuchung des Arbeitsgedächtnisses bei schizophrenen Erkrankungen. Obwohl eine Vielzahl von Studien existieren, die bei schizophrenen Patienten Defizite bei der Bearbeitung von N-back-Aufgaben zeigen (Übersicht bei Keefe 2000), lässt sich kritisch diskutieren, ob diese Beeinträchtigungen tatsächlich auf Dysfunktionen des Arbeitsgedächtnisses zurückgeführt werden können. So konnten Krieger et al. (2005) zeigen, dass höhere Fehlerraten, aber gleichzeitig auch ein längerer Zeitbedarf schizophrener Patienten in N-back-Aufgaben durch Defizite, die bereits in Wahlreaktionsaufgaben zu beobachten waren erklärt werden können. Dies legt nahe, dass die Leistungsminderungen weniger als Defizite des Arbeitsgedächtnisses gesehen werden können, als eher durch eine Störung in elementaren Informationsverarbeitungsprozessen.

In einer Untersuchung mit 60 schizophrenen Patienten fanden McKenna und Arbeitsgruppe (1990) das Langzeitgedächtnis und das Wiedererkennungsvermögen bei erhaltenem Kurzzeitgedächtnis gestört. Ähnliche Symptomatik zeigt sich auch beim klassischen amnestischen Syndrom (Baddeley 1982), wie es z.B. beim Korsakow-Syndrom oder nach bilateraler medio-temporaler Lobektomie auftritt. Gold et al. (1992) beschreiben Störungen in mit Anstrengung verbundenen Gedächtnisprozessen ebenso wie in mehr automatisch ablaufenden und vermuteten unter anderem eine gestörte Enkodierung von Information.

Zweckmäßigerweise unterscheidet man zwischen verbalem und nonverbalem Gedächtnis. In Aufgaben zum verbalen Gedächtnis wird weiterhin zwischen solchen Aufgaben unterschieden, die *Wiedergabe* von z.B. Wortlisten erfordern und solchen, die *Wiedererkennung* beinhalten. Calev (1984) fand die Wiedergabe bei Patienten, die an Schizophrenie leiden, stärker beeinträchtigt als das Wiedererkennen. Dieser Zustand erwies sich auch über die klinische Besserung der Patienten hinaus als stabil (Frame und Oltmanns 1982). Andere Studien bescheinigen aber auch deutliche Beeinträchtigung in der Wiedererkennung (Gold et al. 1992). Kolb und Whishaw (1983) attestieren schizophrenen Personen im Vergleich zu Gesunden verminderte Leistungsfähigkeit im Wiedergeben von Geschichten und abstrakten Formen. Implizite prozedurale Gedächtnisleistungen erscheinen in einer Reihe von Untersuchungen bei den schizophren Erkrankten kaum gestört (Granholm et al. 1993, Kern, Green und Wallace 1997).

Es ist umstritten, ob diese Beeinträchtigungen primärer Natur oder Folge anderer kognitiver Defizite, insbesondere gestörter präfrontalhirn/exekutiver Funktionen sind (Gourovitch und Goldberg 1997). Einige Autoren finden aufgrund der Tatsache, dass Wortwiedergabe stärker als Wortwiedererkennung gestört ist, ein von exekutiver Beeinträchtigung bestimmtes Muster (Goldberg et al. 1989, Jetter et al. 1986). Auch Shallice, Burgess und Frith (1991) werten ihre Studie dahingehend, dass zugrunde liegende exekutive Funktionsstörungen als Erklärung für einige Gedächtniseinschränkungen dienen könnten. Nicht alle Autoren teilen diese Ansicht: Braff et al. (1991) bemerken in einer Untersuchung mit 40 an Schizophrenie Erkrankten weniger eine spezielle Störung vom frontalen Typ, als mehr ein unspezifisch neurophysiologisches Muster, das nicht einer bestimmten Hirnregion zugeordnet werden kann. McKenna, Tamlyn und Lund (1990) beurteilen die Gedächtnisfähigkeit schizophrener Patienten überproportional gestört im Vergleich zu anderen kognitiven Funktionen. Ergebnisse von Duffy und O'Carrol (1994) stützen diese Befunde. Gruzelier et al. (1988) sprechen von Koexistenz fokal temporo-frontaler als auch genereller Defizite. Weinberger (1991) und Goldman-Rakic (1987) schließlich schliessen aus Tierversuchen, dass Beeinträchtigungen des räumlich visuellen Arbeitsgedächtnisses medio-temporale Hirnareale involvieren. Weinberger (1991, Weinberger et al. 1992) vermutet, dass die ursächlich pathogene Struktur im Hippocam-

pus liegt und deren fehlerhafte Verknüpfung mit dem dorsolateralen-präfrontalen Kortex die Dysfunktionen erklären könnte.

Duffy und O'Carroll (1994) können ein schlechtes Abschneiden schizophrener Personen in Gedächtnistests nicht auf einen Motivationsmangel zurückführen. Auch Tamlyn et al. (1992) sehen Störungen der Gedächtnisleistungen nicht durch einen Mangel an Kooperation, Aufmerksamkeit oder Motivation erklärbar, dafür aber signifikant mit der Schwere und Chronizität der schizophrenen Erkrankung korreliert. Jost (1986) bemerkt, dass bei schizophrenen Patienten bei simultaner Bearbeitung mehrerer Aufgaben mit erforderlicher geteilter Aufmerksamkeit das unmittelbare Behalten gestört ist. Er wertet dies als Hinweis des verminderten Widerstandes gegenüber Ablenkungen und der erhöhten Störbarkeit durch Interferenzen.

Cutting (1990) findet Gedächtnisstörungen nur bei chronisch erkrankten schizophrenen Patienten. Dem widerspricht eine Studie von Saykin et al. (1991), die in einer Testreihe mit 36 neuroleptika-naiven akut erkrankten Patienten ebenfalls Auffälligkeiten sahen.

### **1.2.2.3 Exekutive Funktionen**

Ein Bereich kognitiver Funktionen, der in den letzten Jahren vermehrt in den Fokus des Interesses der Kognitionsforschung im Bereich schizophrener Störungen gerückt ist, sind die sogenannten exekutiven Funktionen. Eine Störung exekutiver Funktionen wird von zahlreichen Autoren heute als herausragend aus dem Profil gestörter Funktionen bei schizophren erkrankten Personen betrachtet (Palmer und Heaton 2000).

Exekutive Funktionen betreffen die Befähigung des Individuums zur Konzeptbildung, dem Aufrechterhalten von Konzepten sowie der Möglichkeit, diese Konzepte veränderten Bedingungen anzupassen, um zielgerichtet agieren zu können. Diese Fähigkeiten umfassen Antizipation, Planung und Flexibilität (Luria 1973, Mesulam 1986, Stuss und Benson 1986, Goldsamt et al. 1993). Diese sog. höheren kognitiven Fähigkeiten stellen vermutlich keine einzelnen kognitiven Teilprozesse dar, sondern die Fähigkeit des Gehirns zur Integration und Abstimmung elementarer Subprozesse (Lis 2000).

Der **Wisconsin Card Sorting Test** (WCST, Grant und Berg 1948, Heaton 1981), hat sich als wichtiges Testverfahren zur Untersuchung exekutiver Funktionen in der Schizophrenieforschung etabliert. Die Mehrzahl der Untersuchungen bescheinigen schizophrenen Personen Leistungseinbußen in diesem Bereich (u.a. Braff et al. 1991, Liddle und Morris 1991, Butler et al. 1992). Insbesondere das vermehrte Auftreten von perseverativem Verhalten, das mangelnde kognitive Flexibilität abbildet, wird in diesem Untersuchungsverfahren als typisch für die Beeinträchtigungen schizophrener Personen betrachtet (Yergelun-Todd et al. 1988). Auch bei nicht erkrankten Eltern und Geschwistern schizophrener Personen gibt es Hinweise auf eingeschränkte Leistungen im WCST (Franke et al. 1992, Steinhauer et al. 1991). Nachteil der Untersuchungen mit dem WCST ist, dass er zwar geeignet erscheint, ein herabgesetztes Leistungsniveau schizophrener Patienten zu zeigen, jedoch aufgrund der Vielzahl der beanspruchten Teilprozesse einer Isolierung von gestörten Subprozessen nicht gerecht werden kann. Damit bietet er neben gestörten exekutiven Funktionen als Ursache für Leistungsminderungen Raum für alternative Erklärungen. So können z.B. Perry et al. (2001) zeigen, dass sich die Dysfunktionen schizophrener Personen im WCST durch die Instruktion, die Aufgabenlösungsstrategie zu verbalisieren, deutlich zurückbilden.

Als aufs Engste mit den exekutiven Funktionen verknüpft gilt die Intaktheit der Frontallappen, insbesondere des präfrontalen Kortex (Luria 1973, Stuss und Benson 1986). Hinweise darauf, dass der WCST ein direkter Gradmesser der Integrität des dorsolateralen präfrontalen Kortex bei an Schizophrenie erkrankten Personen ist, werden durch funktionelle bildgebende Verfahren erbracht (Weinberger, Berman und Zec 1986, Robbins 1990). Eine besondere Rolle spielen die Frontallappen auch als Sitz eines aufmerksamkeits-allokierenden Systems, dem „supervisory attentional system“ (SAS). In ihrem Konzept der Informationsverarbeitung unterscheiden Norman und Shallice (1986) zwischen automatischer und kontrollierter Verarbeitung (vgl. 1.1.1.2). Sie vermuten, dass zwei unterschiedliche Systeme, eines für routinemäßige/automatische und ein anderes für unroutinierte/kontrollierte Verarbeitung existieren. Mit der Bearbeitung routinemäßiger Aufgaben, für die bereits Handlungsschemata existieren, soll das „contention scheduling“ (CS) betraut sein. In anderen Situationen, in denen Planung, Problemlöseverhalten oder Einstellung auf unbekannte Reize erforderlich sind und automatische

Kontrolle nicht mehr ausreichend ist, den Anforderungen gerecht zu werden, kann das CS von einem zweiten System, dem SAS, moduliert werden. Shallice (1988) beschreibt das SAS als notwendig zur Durchführung adäquater Handlungen in neuen Situationen. Bei einem Ausfall des Systems sollen Aufmerksamkeitsstörungen, Verlust der Flexibilität und perseveratives Verhalten beobachtbar werden.

#### **1.2.2.4 Aufmerksamkeit und Aktivierung**

Gerade bei schizophrenen Patienten ist eine Störung der Aufmerksamkeit eines der charakteristischen Defizite. McGhie und Chapman (1961) geben ein Beispiel:

*“Everything seems to grip my attention although I am not particular interested in anything. I am speaking to you just now but I can hear noise going on next door and in the corridor. I find it difficult to shut these out and it makes it more difficult for me to concentrate on what I am saying to you. Often the silliest things that are going on seem to interest me. That’s not even true; they don’t even interest me but I find myself attending to them and wasting a lot of time this way...”*(Patient 23, S. 104)

Schon Kraepelin, der Schüler des eingangs erwähnten W. Wundt in Leipzig war, führte um die Jahrhundertwende mit Hilfe von Reaktionszeitexperimenten Untersuchungen zu Aufmerksamkeitsstörungen schizophrener Personen durch. Er nahm eine Unterteilung der Aufmerksamkeitsdefizite vor und unterschied zwischen zwei Arten von Abweichungen: einer über die Zeit konsistenten Aufmerksamkeitsstörung und einer in den akuten Phasen auftretenden Auffassungsstörung. Diese Bezeichnungen lassen sich am ehesten mit den heute verwendeten Begriffen der Daueraufmerksamkeit und der selektiven Aufmerksamkeit gleichsetzen (Green 1998). Kraepelin beschrieb weiter, dass bei diesen Patienten das Registrieren von Information, sprich die Auffassungsgabe, intakt sei, es aber Störungen bei der gerichteten Aufmerksamkeit gebe. Diesen Ansatz bestätigen auch Braff und Geyer (1990). Ebenso wies auch Bleuler auf die Bedeutung der gestörten Aufmerksamkeit bei schizophren erkrankten Personen hin (s.a. Levin, Yurgelun-Todd und Craft 1989).

Weiss, Vrtunski und Simpson (1988) konnten zeigen, dass schizophrene Patienten, die auditorischer Informationsüberladung ausgesetzt sind, im Gegensatz zu gesunden Kontrollen erhebliche Probleme bei der Wiedergabe der Zahlen im Vorwärtsdurchgang des Digit Spans haben. Der Digit Span (vgl. Rapport, Webster und Dutra 1994) gehört zur Testbatterie der „Wechsler Adult Intelligence Scale“ (WAIS-R, Wechsler 1974), bei dem nacheinander oder gleichzeitig präsentierte Zahlen nach Verlöschen der letzten Zahl in gleicher oder umgekehrter Reihenfolge wiedergegeben werden müssen.

Insgesamt zeigen schizophrene Patienten in Aufmerksamkeit erfordernden Tests im Vergleich zu gesunden Kontrollen schlechtere Leistungen, insbesondere, wenn zeitlimitierende Faktoren integriert sind (Babcock 1933, Watson et al. 1968, Eysenck 1968).

Einige Autoren sehen in gestörten kognitiven Prozessen, die Aufmerksamkeitsprozesse involvieren, die mögliche Ursache für das Auftreten von Halluzinationen und Wahn (McGhie und Chapman 1961, Carr und Wale 1986, Gray et al. 1991, Braff 1993). Frith (1979) vermutet, dass schizophrene Personen normalerweise unbewusst ablaufenden Prozessen sowie irrelevanten Reizeigenschaften Aufmerksamkeit zuwenden, was im perzeptiven Bereich zur Verlangsamung der Reizverarbeitung mit wahrscheinlicher Überbeanspruchung der Verarbeitungskapazität führt. Auch Hemsley (1987) spricht von einer zu detaillierten Reizanalyse schizophrener Personen und der Tendenz, sich mit aufgabenirrelevanten Reizeigenschaften zu befassen. Dies deckt sich mit der Auffassung Mesulams (1981), der davon ausgeht, dass das Gehirn über keine unbegrenzte Kapazität der Informationsverarbeitung verfügt, und der Theorie von Broadbent (1971), die besagt, dass irrelevante Stimuli aktiv an der Bewusstwerdung gehindert werden. Rappaport (1967) schreibt, dass bei an Schizophrenie Erkrankten eine erhöhte Ablenkbarkeit besteht und somit Probleme mit der Fokussierung auf relevante Reize einhergehen. McGhie und Chapman (1961) erklären die Reizüberflutung schizophrener Personen mit einem defekten sensomotorischen Gating und konsekutivem Versagen von Inhibition und Selektion, was zu Realitätsverlust führt.

Störungen der Aufmerksamkeit spielen also eine entscheidende Rolle und werden als zugrunde liegender Mechanismus für andere kognitive Funktionsstörungen angesehen (Goldsamt et al. 1993). Einige Forscher bezeichnen die Störungen der Aufmerksamkeit

denn auch als fundamentale kognitive Störung (s.o.) und versprechen sich viel von der Erforschung der neurobiologischen Grundlagen der Aufmerksamkeit.

## 2. Fragestellung

Schizophrene Personen zeigen in einer Vielzahl kognitionspsychologischer Untersuchungsverfahren Defizite. Die Dysfunktionen werden dabei mit zahlreichen unterschiedlichen kognitiven Funktionsbereichen in Beziehung gesetzt. Ein Problem dabei liegt allerdings in den sich häufig widersprechenden Befunden der verschiedenen Studien (s. 1.2.2., s. auch Übersicht bei Lautenbacher und Gaugel 2004, Sharma und Harvey 2000, Green 1998).

Offen ist bis heute die Frage nach der Selektivität der kognitiven Beeinträchtigungen bei Schizophrenie. Die Vielzahl betroffener kognitiver Funktionen legt die Vermutung nahe, dass es sich um eine generalisierte Störung handelt, d.h. dass alle Bereiche kognitiver Funktionen beeinträchtigt sind. Andererseits werden immer wieder bestimmte Funktionen, wie z.B. Aufmerksamkeit oder exekutive Funktionen, als herausragend gestört betrachtet. Eine Erklärung könnte darin liegen, dass die Defizite primär in elementaren kognitiven Prozessen anzusiedeln sind. Da diese in den meisten Untersuchungsverfahren zusätzlich zu der interessierenden Zielfunktion beansprucht werden, könnte eine Dysfunktion in diesen Prozessen eine generalisierte Beeinträchtigung vortäuschen (s. N-back-Aufgaben in 1.2.2.2, WCST in 1.2.2.3). Andererseits wird in den letzten Jahren zunehmend diskutiert, ob die kognitiven Probleme schizophrener Patienten nicht in der Koordinierung unterschiedlicher kognitiver Prozesse liegen. So vermutet Andreasen (Andreasen et al. 1998, 1999) in ihrem Konzept der „kognitiven Dysmetrie“, dass eine Störung in diesem postulierten Zusammenspiel zu einem Synchronitätsverlust und damit zu einer verminderten kognitiven Leistung führt. Andreasen et al. (1998) gehen davon aus, dass durch eine Unterbrechung in der Vernetzung verschiedener zerebraler Strukturen wie dem präfrontalen Kortex, dem Thalamus und Cerebellum Probleme bei der Koordinierung der Verarbeitungsprozesse entstehen. Auch zahlreiche andere Untersuchungen beschäftigen sich in jüngerer Zeit mit der Frage, ob es sich bei der Schizophrenie um eine Konnektivitätsstörung (Matthew et al. 2005) handeln könnte, z.B. zwi-

---

schen dem dorsolateralen, präfrontalen Kortex und der Hippocampus-Region (Meyer-Lindenberg et al. 2005).

Ein Untersuchungsverfahren, das zahlreiche verschiedene Prozesse involviert und damit besonders hohe Ansprüche an die Koordinierung dieser stellt, sind Labyrinthaufgaben (s. 1.1.2). Perzeptive Prozesse und offene oder verdeckte Aktionen (motorische Handlungen oder z.B. Umfokussierung der Aufmerksamkeit) sind zur Lösung der Aufgabe erforderlich. Ein wesentliches Merkmal dieser Aufgaben liegt darin, dass die Ergebnisse von Stimulusanalyse- und Entscheidungsprozessen kontinuierlich in Bewegung umgesetzt werden müssen. Reizverarbeitung und Bewegungssteuerung laufen dabei zumindest zum Teil simultan ab (Lis 2000).

Schon 1957 wurden von Porteus (1957a, b, 1965, Porteus und Barclay 1957) Labyrinthaufgaben bei schizophrenen Patienten zur Messung von Effekten der pharmakologischen Behandlung eingesetzt. Dabei konnte er nach einer Behandlung mit Chlorpromazin deutliche Leistungseinbußen bei der Labyrinthlösung beobachten. Auch in verschiedenen neueren Studien werden Labyrinthaufgaben in der Schizophrenieforschung als Untersuchungsinstrument verwendet. Dabei lassen sich bei schizophren erkrankten Personen, abhängig von Erkrankungsdauer und Neuroleptikabehandlung, Defizite bei der Labyrinthlösung beobachten. Gallhofer et al. (1996a, b, 1997) zeigen, dass schizophrene Personen in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer längere Bearbeitungszeiten benötigen und längere Wege im Labyrinth zurücklegen als ihre gesunden Kontrollen. Die Leistungseinbußen zeigen sich bei als chronisch klassifizierten Patienten ausgeprägter als bei solchen, die als subchronisch erkrankt eingestuft wurden.

Um die Koordinierung verschiedener kognitiver Prozesse genauer zu untersuchen, variieren Krieger, Lis und Gallhofer (1998) verschiedene Merkmale von Labyrinthaufgaben im Rahmen eines Experiments. Stimulusbezogene Prozesse wurden durch die Erhöhung der Reizkomplexität und Notwendigkeit von Entscheidungsprozessen variiert. Responsebezogene Prozesse wurden über die Schwierigkeit der geforderten Bewegung manipuliert. Die Probanden sollten dazu das Wegsystem mit einem kleinen und grossen Cursor durchfahren. Da die Bewegung unter Vermeidung von Kontakten zwischen Cursor und Wegbegrenzungen ausgeführt werden sollte, war die Bewegung mit dem grossen Cursor schwieriger korrekt auszuführen als mit dem kleinen Cursor. Ist die Lösung



eines Labyrinthes gefordert, benötigen gesunde Personen mehr Zeit im Vergleich zur Bearbeitung eines vergleichbaren Stimulus (Pseudo-Labyrinth), der jedoch durch das Fehlen von Verzweigungspunkten auf dem Weg keine Entscheidungsprozesse zwischen verschiedenen Wegalternativen fordert. Ebenso beeinflusst die Manipulation der Bewegungsschwierigkeit das Lösungsverhalten: Zum Durchfahren des Wegsystems benötigen die Probanden mit einem grossen Cursor mehr Zeit als mit einem kleinen Cursor. Die Effekte der stimulusseitigen und responsebezogenen experimentellen Manipulationen beeinflussen dabei bei gesunden Personen unabhängig voneinander das Verhalten bei der Aufgabenbearbeitung, d.h. der Effekt der Cursorgrösse ist unabhängig davon, ob ein echtes Labyrinth oder ein Pseudo-Labyrinth zu durchfahren ist. Im Gegensatz zu den Befunden bei gesunden Personen beeinflussen Variationen stimulus- und responsebezogener Anforderungen das Verhalten schizophrener Patienten in Abhängigkeit voneinander. So konnten Krieger, Lis und Gallhofer (1998) zeigen, dass das Zusammentreffen von hohen Anforderungen an stimulusbezogene Prozesse in echten Labyrinthen mit einer hohen Bewegungsschwierigkeit bei schizophrenen Patienten zu einem überproportionalen Abfall der Qualität der Aufgabenlösung, einem überproportionalen Anstieg des Zeitverbrauchs und einer überproportionalen Abnahme der Präzision der Bewegung führt. Folgt man dem Rationale der Methode der additiven Faktoren (Sternberg, 1969, vgl. 1.1.2), so weist das Vorliegen dieser Interaktion zwischen den beiden experimentellen Faktoren darauf hin, dass der Ablauf stimulus- und responsebezogener Prozesse auf eine gemeinsame Verarbeitungsressource zugreift.

Eine Bearbeitung von für den Probanden unbekannten Labyrinthen ist vermutlich nicht allein auf der Basis automatisch initiierten Handlungssequenzen möglich. Stattdessen ist eine - vermutlich Aufmerksamkeitskapazität beanspruchende - Auswahl und Koordination der verschiedenen beteiligten kognitiven Prozesse notwendig. Kontrollierte Verarbeitung hat einen hohen Kapazitätsbedarf (Allport 1980) und kann im Gegensatz zu automatischen Prozessen mit anderen gleichzeitig ablaufenden Verarbeitungsprozessen interferieren, d.h. es kommt zu einem Leistungsabfall in den simultanen Prozessen (Allport, Antonis & Reynolds 1972, Navon 1985). Diese Interferenz wird dadurch erklärt, dass die verschiedenen Prozesse auf den gleichen Pool limitierter Kontrollkapazität zugreifen. Darüber hinaus sind auch die Leistungen des Arbeitsgedächtnisses stark von

der Beanspruchung von Aufmerksamkeitsressourcen abhängig (Baddeley 1986, Wickens 1992).

Bei der Bearbeitung unbekannter Labyrinth laufen vermutlich nicht nur die stimulusbezogenen Prozesse im kontrollierten Modus unter Beanspruchung von Aufmerksamkeitsressourcen ab. Auch unbekannte Bewegungsabläufe, wie sie beim Durchfahren der Stimuli verlangt werden, beanspruchen vermutlich Aufmerksamkeitsprozesse (Shiffrin & Schneider 1977, Wallesch et al. 1990). Damit ist zu vermuten, dass es sich bei der durch stimulus- und responsebezogene Prozesse gemeinsam genutzten Ressource um kapazitätsbegrenzte Aufmerksamkeitsprozesse handelt. Bei gesunden Personen sind die verfügbaren Ressourcen an Kontrollkapazität vermutlich so groß, dass sowohl die Verarbeitung des Stimulus als auch die Steuerung der Bewegung parallel zueinander ablaufen können. Die bei schizophrenen Patienten zu beobachtende Interaktion zwischen den beiden Domänen kognitiver Prozesse könnte darauf hinweisen, dass bei gleichzeitigem Auftreten hoher Anforderungen an Reizverarbeitung und Bewegungssteuerung die Leistungsfähigkeit von aufmerksamkeitsabhängigen Kontrollprozessen so überschritten wird, dass eine ausreichende Allokierung von Aufmerksamkeit auf die beiden Domänen kognitiver Funktionen nicht möglich ist. Dies würde für das Vorliegen einer eingeschränkten Verfügbarkeit von Aufmerksamkeitsressourcen bei schizophren erkrankten Patienten sprechen, wie sie von verschiedenen Autoren in der Vergangenheit postuliert wurde (vgl. 1.2.2.4, s. auch Green 1998, Gourovitch & Goldberg 1996, Goldberg & Gold 1995).

Wenn diese Erklärung für die Befunde bei schizophrenen Patienten in Labyrinthaufgaben zutrifft, sollte sich durch eine experimentelle Verkleinerung des Pools an verfügbarer Kontrollkapazität bei gesunden Personen ein den schizophrenen Personen entsprechendes Verhalten simulieren lassen. Eine Methode zur Verminderung der verfügbaren Kontrollkapazität bietet die Einführung einer zusätzlich zur Labyrinthaufgabe zu bearbeitenden Zweitaufgabe (s. 1.1.1.2). Aus der Literatur ist bekannt, dass die Allokierung von Aufmerksamkeit experimentell durch die Einführung von Doppelbelastungsaufgaben (Wickens 1992) beeinflusst werden kann. Dabei wird eine zweite, Aufmerksamkeitsressourcen beanspruchende Aufgabe präsentiert.

In der vorliegenden Arbeit soll deshalb durch Einführung einer simultan zur Labyrinthlösung zu bearbeitenden Zweitaufgabe versucht werden, bei gesunden Personen ein Ver-

haltensmuster zu erzeugen, wie es bei den schizophrenen Patienten zu beobachten war. Es wird vermutet, dass durch eine Zweitaufgabe bei gesunden Probanden der Pool zur Verfügung stehender Kontrollkapazität vermindert werden kann. Damit soll der für die in den Labyrinthaufgaben notwendigen visuellen Analyse- und Bewegungsprozesse zur Verfügung stehende Aufmerksamkeitspool so verkleinert werden, dass eine ausreichende Allokierung von Aufmerksamkeit auf stimulus- und responsebezogene Prozesse nicht mehr möglich ist. Unter diesen Bedingungen sollte das Zusammentreffen hoher Anforderungen an aufmerksamsabhängige Kontrollprozesse bei der Bearbeitung von Labyrinthen mit der schwierigen Bewegungsbedingung analog dem Verhalten der schizophrenen Patienten auch bei gesunden Personen zu einem überproportionalen Abfall der Leistung führen.

Die in Labyrinthaufgaben bei der Koordinierung stimulus- und responsebezogener Prozesse auftretenden Probleme schizophrener Patienten unterscheiden sich in verschiedenen Subgruppen schizophren erkrankter Personen. Die beschriebenen Defizite beim Zusammentreffen hoher Anforderungen an beide Domänen kognitiver Prozesse scheinen dabei spezifisch für Personen zu sein, die bereits längere Zeit erkrankt sind. So konnten Krieger et al. (2001) zeigen, dass sich für ersterkrankte neuroleptika-naive Personen mit einer schizophrenen Erkrankung ein anderes Muster von Verhaltensauffälligkeiten in Labyrinthaufgaben zeigt. Diese Subgruppe von Patienten zeigt bei Bearbeitung von Labyrinthen bereits bei niedrigen Anforderungen an motorische Prozesse (kleiner Cursor) deutliche Beeinträchtigungen. Im Gegensatz zu der chronisch erkrankten Gruppe sind diese Personen jedoch in der Lage, ihre Leistung bei einer Erhöhung der Anforderung an motorische Prozesse zu verbessern. Im Gegensatz zu den chronisch erkrankten Patienten bearbeiten sie die Aufgaben mit einer vergleichbaren Präzision der Bewegung wie gesunde Kontrollprobanden. Anders als in der Gruppe chronisch erkrankter Patienten sind diese Befunde nicht mit einer Überlastung der Aufmerksamkeitskapazität zu erklären. Krieger et al. (2001) vermuten, dass die Leistungsverbesserung in der schwierigeren Bewegungsbedingung darauf zurückzuführen ist, dass die unbehandelten Patienten in stärkerem Ausmaß ihre Aufmerksamkeit auf die Bewegung und damit auf den aktuell bearbeiteten Ausschnitt des Labyrinthes lenken. Dies könnte zur Folge haben, dass Informationen, die für den aktuellen Abschnitt der Aufgabenlösung irrelevant sind, in den Hintergrund treten. Derartige In-

formationen könnten sowohl Merkmale der Labyrinthtopographie umfassen als auch im Labyrinth zur Verfügung stehende Reaktionsalternativen. Die Befunde von Reaktionszeit-Dekompositionsuntersuchungen sprechen dafür, dass der elementare Informationsverarbeitungsteilprozess der Responseauswahl bei schizophrenen Patienten gestört ist. So ließen sich bei ersterkrankten, neuroleptika-naiven schizophrenen Patienten in einfachen Wahlreaktionsaufgaben Defizite identifizieren, die auch Beeinträchtigungen in komplexeren Aufgaben erklären konnten (Krieger et al. 2001a, 2005). Berücksichtigt man die Vermutung, dass die kognitiven Defizite bei schizophrenen Erkrankungen auf Beeinträchtigungen bei der Koordinierung verschiedener kognitiver Prozesse zurückzuführen sind, lässt sich der Subprozess der Responseauswahl (Percept-Action-Translation, vgl. 1.1.2), bei dem die Ergebnisse eher perzeptiver Prozesse mit eher aktionalen Prozessen koordiniert werden müssen, als einfachste Form der gestörten Koordinierung verschiedener kognitiver Domänen ansehen.

Durch eine Einschränkung der Wahrnehmung von Reaktionsalternativen durch eine stärkere Fokussierung der Aufmerksamkeit in der schwierigen Bewegungsbedingung der Labyrinthaufgaben könnten so auch indirekt die Auswirkungen einer gestörten Responseauswahl auf die Aufgabenbearbeitung positiv beeinflusst werden.

Die Einschränkung der wahrgenommenen Reaktionsalternativen lässt sich als eine veränderte Nutzung von Hinweisreizen im Rahmen einer Aufgabe betrachten. Eine Fokussierung der Aufmerksamkeit auf relevante statt auf irrelevante Hinweisreize ist auch als Folge von Stress beschrieben. Easterbrook (1959) zeigt, dass Zustände wie Stress, die mit hoher Emotionalität einhergehen, einen Anstieg des Aktivierungsniveaus verursachen, der zu einer veränderten Nutzung von Hinweisreizen führt (vgl. 1.1.1.1). So schmälert Stress die Anzahl von Hinweisreizen, die man aufnehmen und beachten kann. Auch Broadbent (1971) und Kahneman (1973) konnten zeigen, dass durch die Induktion von Stress der Fokus der Aufmerksamkeit eingeschränkt wird: Weniger „environmental cues“ werden inspiziert, ebenso die Menge der zur Verfügung stehenden Informationsquellen. Es werden die „cues“ wahrgenommen, die für das Individuum am wichtigsten erscheinen. Diese Einengung der Aufmerksamkeit kann sich durch die Vernachlässigung irrelevanter Aspekte bei voller Konzentration auf die Aufgabenbearbeitung leistungsfördernd auswirken (Easterbrook 1959).

Bei der Durchführung kognitionspsychologischer Untersuchungen wird häufig vernachlässigt, dass ersterkrankte schizophrene Patienten in besonderem Maß Stress ausgesetzt sind. Neben dem erstmaligen Erleben einer psychotischen Episode erzeugt auch zusätzlich die stationäre Aufnahme in eine psychiatrische Klinik Stress. So zeigen z.B. sowohl gesunde Personen wie auch depressive Patienten in der ersten Zeit nach einer Krankenhausaufnahme einen Anstieg des Levels an Glucocorticoiden (Mason et al. 1965, Sacher 1967). Zusätzlich ist zu bedenken, dass auch die Untersuchungssituation, die für den gesunden Probanden lediglich ein Experiment darstellt, vielleicht sogar eine Art Spiel, für den Kranken eine Situation darstellt, die Teil seines - auch diagnostischen - Klinikaufenthaltes ist. So wird sich der schizophrene Patient - auch wenn er über den wissenschaftlichen Hintergrund aufgeklärt wurde - vom Ausgang der Untersuchung vielleicht Auskunft über den Verlauf seiner Krankheit oder seine Heilungsaussichten erhoffen. Dass physiologische Stressparameter bei Patienten in Beziehung zu kognitiven Leistungen stehen können, zeigt eine Studie von Newcomer et al. (1991). Er konnte bei unmedizierten schizophrenen Patienten zeigen, dass der Plasma-Kortisol-Spiegel u.a. negativ mit der Aufmerksamkeitsleistung korreliert.

Es stellt sich die Frage, inwieweit die bei ersterkrankten schizophrenen Patienten zu beobachtenden Beeinträchtigungen bei der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben auf den Einfluss von Stress zurückgeführt werden können. Es ist zu vermuten, dass ersterkrankte Patienten einen besonders hohen Grad an Stress erleben, da sie das erste Mal psychotische Symptome und deren Konsequenzen erleben. Aus der Lebensqualitätforschung ist bekannt, dass im Verlauf einer schizophrenen Erkrankung verschiedene Anpassungsmechanismen greifen, die z.B. mit zunehmender Erkrankungsdauer zu einer höheren Lebenszufriedenheit führen (Franz et al. 2000) und möglicherweise ähnlich auch den erlebten Stress aufgrund der Bekanntheit der Situation zumindest abschwächen.

In der vorliegenden Arbeit soll deshalb durch die Induktion von Stress bei der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben versucht werden, bei gesunden Personen ein Verhaltensmuster zu erzeugen, wie es bei den ersterkrankten schizophrenen Patienten zu beobachten war. Es wird vermutet, dass Stress zu einer Fokussierung der Aufmerksamkeit auf die für die Aufgabenbearbeitung relevanten Hinweisreize führt und damit eine Leistungsverbesserung bewirkt.

---

Zusammenfassend lassen sich folgende Fragen formulieren, die in der vorliegenden Arbeit untersucht werden sollen:

- 1) Lässt sich ein Einfluss der Induktion von sozialem Stress und einer Verminderung der Aufmerksamkeitsressourcen durch Einführung einer Zweitaufgabe auf die subjektive Befindlichkeit gesunder Probanden und ihr Erleben der Untersuchungssituation nachweisen?
- 2) Lassen sich die Auswirkungen dieser beiden Variablen auch in Aktivierungsmaßen wie der elektrodermalen Aktivität objektiv abbilden?
- 3a) Haben die Induktion von sozialem Stress und die Einführung einer Zweitaufgabe Einfluss auf das Verhalten bei der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben?
- 3b) Wird die Koordination von eher stimulusbezogenen Analyseprozessen mit Prozessen der Handlungssteuerung durch Stress oder eine Zweitaufgabe beeinflusst?

### **3. Material und Methode**

In der vorliegenden Untersuchung wurde das Labyrinthlösungsverhalten gesunder männlicher Probanden untersucht. Dabei interessierte, inwieweit einerseits sozialer Stress und andererseits eine Ablenkung durch eine zweite zu bearbeitende Aufgabe, abhängig von Stimulus- und Bewegungsmerkmalen der Labyrinthaufgabe, das Lösungsverhalten beeinflussen.

#### **3.1 Stichprobe**

An der Untersuchung nahmen 88, über Aushänge im Universitätsgelände angeworbene, männliche Probanden im Alter zwischen 18 und 33 Jahre teil. Für die Teilnahme an der Untersuchung erhielten sie eine geringe Aufwandsentschädigung.

Aus verschiedenen Studien ist bekannt (z.B. Klinteberg, Lavander und Shalling 1987, Ward et al. 1989, Stoddard und Vaid 1996), dass die Händigkeit von Probanden poten-

tiell Einfluss auf die Bearbeitung von Labyrinthaufgaben hat. Aus diesem Grund wurden in der vorliegenden Untersuchung nur rechtshändige Personen (Händigkeitsfragebogen von Annett 1967) eingeschlossen.

In der Literatur wird immer wieder das Geschlecht der Probanden als ein Einflussfaktor auf das Verhalten bei der Lösung von Labyrinthaufgaben diskutiert. Insgesamt sind die Ergebnisse bisher jedoch eher widersprüchlich, was möglicherweise auch durch die große Heterogenität der verwendeten Labyrinthaufgaben erklärt werden kann (vgl. Übersicht Lis 2000). Um in der vorliegenden Untersuchung eine möglichst homogene Stichprobe zu erzielen, wurden nur männliche Probanden in die Studie eingeschlossen.

Bei keinem der Probanden gab es zum Zeitpunkt der Untersuchung Hinweise auf das Vorliegen einer psychiatrischen, neurologischen oder organischen Erkrankung. Keiner der Probanden nahm zum Zeitpunkt der Untersuchung psychopharmakologisch wirksame Substanzen zu sich. Es gab keine Hinweise auf Alkohol- oder Drogenmissbrauch. Den Probanden wurde der Versuchsablauf im Detail erklärt. Sie wurden vor Versuchsbeginn darüber aufgeklärt, dass sie die Untersuchung jederzeit ohne Angabe von Gründen abbrechen können.

## **3.2 Unabhängige Variablen**

### **3.2.1 Unabhängige Variable 1: „Ablenkung“**

Zusätzlich zu der zu bearbeitenden Labyrinthaufgabe wurde in der Ablenkungsbedingung als Distraktor eine zweite Aufgabe eingeführt, die gleichzeitig zur Labyrinthaufgabe bearbeitet werden sollte.

Als Zusatzaufgabe wurde dabei eine dem Oddball-Paradigma ähnelnde Wahlreaktionsaufgabe mit zwei Reizklassen mit unterschiedlichen Auftretenswahrscheinlichkeiten gewählt. Das Oddball-Paradigma hat seinen Platz vor allem in der Beschreibung ereigniskorrelierter Potentiale der EEG Forschung (z.B. Reinvang 1999, Schreiber et al. 1998). In dieser Untersuchung wurde das Paradigma zur Generierung einer ablenkenden Daueraufmerksamkeitsaufgabe genutzt.

In der Zusatzaufgabe wurden Reize zweier Stimulustypen mit unterschiedlicher Auftretenswahrscheinlichkeit in zufälliger Reihenfolge präsentiert. Als Stimuli dienten 800 bzw. 1600-Hz-Sinustöne (70dB), die über einen Raumlautsprecher dargeboten wurden. Die Auftretenswahrscheinlichkeit variierte dabei für die beiden Töne (800Hz-Ton: 15%, 1600Hz-Ton: 85%). Der Proband hatte die Aufgabe, die Anzahl seltener Töne (Auftrittswahrscheinlichkeit 15%) im Stillen zu zählen. Das Ergebnis wurde nach Bearbeiten der Labyrinthaufgaben vom Versuchsleiter abgefragt. Die häufigen Stimuli (Auftrittswahrscheinlichkeit 85%) sollten ignoriert werden.

Die unabhängige Variable „Ablenkung“ wurde als unabhängiger Faktor mit zwei Stufen realisiert, d.h. jeweils die Hälfte der Probanden lösten die Labyrinthaufgaben mit bzw. ohne die Ablenkaufgabe.

### **3.2.2 Unabhängige Variable 2: „Stress“**

Als zweiter experimenteller Faktor wurden das Stress- und damit das Aktivierungsniveau variiert, d.h. die Labyrinthaufgaben wurde mit oder ohne Induktion von Stress bearbeitet.

Der Stress wurde mit Hilfe einer Alibigeschichte induziert. Dazu wurde den Probanden in der Stressbedingung mitgeteilt, es handele sich um eine Studie, die die Korrelation zwischen kognitivem Verhalten und Mienenspiel auswerte. Zur Erzeugung von Stress wurde direkt vor dem Gesicht des Probanden eine Videokamera installiert. Dem Probanden wurde erklärt, dass seine Mimik während der Bearbeitung der Labyrinthaufgaben aufgezeichnet würde. Daraufhin würde eine Analyse des Verhaltens und der Mimik in Zusammenarbeit mit einem Psychiater und einem Psychologen erfolgen. Eventuell würden bestimmte Sequenzen von einigen Probanden in einer wissenschaftlichen Reportage verwertet werden. Den Probanden wurden zusätzlich kleine weiße Kleber in die Gesichtsregion geklebt, was als notwendig für eine bessere Auswertbarkeit der Mimik erklärt wurde. Die Probanden, die die Labyrinthaufgaben unter Stressinduktion bearbeiteten, gaben ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an der Untersuchung.

Die unabhängige Variable „Stress“ wurde als unabhängiger Faktor mit zwei Stufen realisiert, d.h. jeweils die Hälfte der Probanden lösten die Labyrinthaufgaben mit bzw. ohne die Induktion von sozialem Stress.



### **3.2.3 Experimentelle Variation der Eigenschaften der Labyrinthaufgaben**

In zwei weiteren unabhängigen Variablen werden Eigenschaften der Labyrinthaufgabe experimentell manipuliert. Die Operationalisierung dieser beiden unabhängigen Variablen erfolgt dabei analog dem Vorgehen in früheren Untersuchungen im Kognitionslabor des Zentrums für Psychiatrie Giessen bei gesunden Probanden und verschiedenen Gruppen schizophren erkrankter Personen (Gallhofer et al. 1996a, b, 1997, 1999, Krieger, Lis und Gallhofer 2000b).

Bei der Bearbeitung der Labyrinthaufgaben haben die Probanden die Aufgabe, mit Hilfe von Bewegungen eines Stiftes auf einem Graphiktablett einen Cursor auf dem kürzesten Weg von einer Startregion aus durch ein auf einem Computerbildschirm präsentiertes Wegsystem zu einer Zielregion zu lenken. Dabei sollten Kontakte zwischen dem Cursor und den Wegbegrenzungen, d.h. den Wänden des Labyrinths, vermieden werden (s. 3.6, detaillierte Beschreibung der Labyrinthaufgabe). Die Bearbeitung von Labyrinthaufgaben erfordert so das Zusammenspiel von Prozessen der Stimulusanalyse und motorischen Abläufen. Mit Hilfe der beiden unabhängigen Variablen „Bewegungsschwierigkeit“ und „Stimuluskomplexität“ sollen die Anforderungen an diese beiden Domänen kognitiver Prozesse experimentell manipuliert werden.

#### **3.2.3.1 Unabhängige Variable 3: „Bewegungsschwierigkeit“**

Die experimentelle Variation der unabhängigen Variablen "Bewegungsschwierigkeit" erfolgt in zwei Stufen durch Manipulation der Größe des zur Aufgabenlösung eingesetzten Cursors. Bei einer Wegbreite von 24 Pixeln wurde in der leichten Bewegungsbedingung ein Cursor der Größe 3x3 Pixel, in der schwierigen Bewegungsbedingung ein Cursor der Größe 9x9 Pixel eingesetzt.

Die unabhängige Variable „Bewegungsschwierigkeit“ wird als abhängiger Faktor mit zwei Stufen realisiert, d.h. alle Probanden lösen die Aufgaben sowohl mit dem kleinen als auch mit dem grossen Cursor.

Zur Kontrolle von Reihenfolge-Effekten werden die beiden Bedingungen der Bewegungsschwierigkeit innerhalb der Probandengruppen in randomisierter Reihenfolge präsentiert.

### 3.2.3.2 Unabhängige Variable 4: „Labyrinthkomplexität“

Als vierte unabhängige Variable werden Eigenschaften der in den Labyrinthaufgaben verwendeten Stimuli variiert. Dabei werden drei verschiedene Typen labyrinthartiger Stimuli (Abb. 3.2.1) verwendet, durch die einerseits die Existenz von Entscheidungspunkten, andererseits die Komplexität des Stimulus als unabhängige Variable experimentell manipuliert wird.

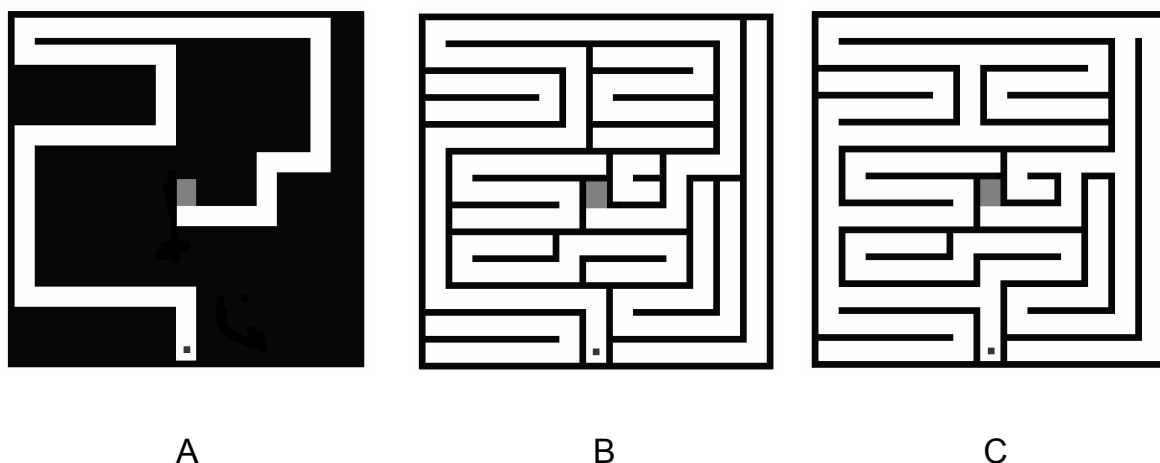


Abb. 3.2.1: Stimuli: Pfad (A), Pseudo-Labyrinth (B) und "echtes" Labyrinth (C) (Das graue Feld markiert das Zielfeld)

In Stimulustyp A wird der zu durchfahrende Weg vor einem uniform einfarbigen Hintergrund präsentiert. Die Anforderungen an Prozesse der Stimulusverarbeitung sind hier gering, da sich der Pfad deutlich vom Hintergrund abhebt. Es treten keine Entscheidungssituationen in Form von Wegverzweigungen auf.

In Stimulustyp B wird ein Weg identisch zu dem aus Stimulustyp A präsentiert. Im Unterschied zu Stimulustyp A besteht der Hintergrund hier jedoch aus einem labyrinthartigen Muster („Pseudo-Labyrinth“). Auch hier treten keine Entscheidungssituationen in Form von Wegverzweigungen auf. Die Anforderungen an Prozesse der Stimulusverarbei-

tung wie Merkmalsextraktion und -diskrimination sind im Vergleich zu Stimulustyp A höher, da eine Unterscheidung von Pfad und wegartigem Hintergrund notwendig ist.

In Stimulustyp C werden Labyrinth präsentiert, d.h. es treten Wegverzweigungen auf, die Entscheidungsprozesse und damit eine Responseauswahl bei der Bearbeitung der Aufgabe notwendig machen. Der Hintergrund für den korrekten zu durchfahrenden Weg wird durch die Sackgassen des Labyrinths gebildet.

Die Unterscheidungsschwierigkeit zwischen dem Hintergrund und dem zu durchfahrenden Weg ist identisch mit der in Stimulustyp B.

Die unabhängige Variable Stimuluskomplexität wird als abhängiger Faktor mit drei Stufen realisiert, d.h. alle Probanden bearbeiteten alle drei Typen von Stimuli.

Zur Kontrolle von Reihenfolge-Effekten wird die Abfolge der drei Stimulusbedingungen über die Probandengruppen randomisiert. Zur Verminderung von Übungseffekten werden die Labyrinth in Parallelformen präsentiert. Die Parallelformen werden durch Rotation und Spiegelung der Vorlage gebildet (s. Lis 2000). Damit wird erreicht, dass die Eigenschaften der Labyrinthaufgabe - mit Ausnahme der experimentell variierten Merkmale - konstant gehalten werden. So ist bei allen drei Stimulustypen der zu durchfahrende korrekte Weg identisch (gleiche Weglänge, identische Anzahl von Richtungsänderungen, etc.), so dass die Schwierigkeit der durch die Aufgabe geforderten Bewegung vergleichbar ist. In jeder der experimentellen Bedingungen bearbeiteten die Probanden 4 Labyrinthstimuli, so dass sich über den Stimulustyp und die Bewegungsschwierigkeit hinweg eine Gesamtzahl von 24 zu bearbeitenden Stimuli ergibt. Für die statistische Analyse werden die für die einzelnen Stimuli erhobenen abhängigen Variablen über die 4 Reizwiederholungen hinweg zusammengefasst.

### **3.3 Versuchsplan**

In der vorliegenden Untersuchung wird der Einfluss von vier unabhängigen Variablen auf das Verhalten während der Labyrinthbearbeitung untersucht.

Die experimentelle Variation der unabhängigen Variable „Ablenkung“ wird als unabhängiger Faktor zweistufig über die Bearbeitung bzw. das Fehlen einer aufmerksamkeitsfordernden Zusatzaufgabe variiert.

Die experimentelle Variation der unabhängigen Variable „Stress“ erfolgt als unabhängiger Faktor mit zwei Stufen durch Präsenz bzw. Fehlen der Kamera und einer Alibigeschichte.

Aus den beiden unabhängigen Faktoren „Ablenkung“ und „Stress“ ergibt sich ein 2x2-Versuchsplan. Den vier resultierenden Zellen wurden dabei je 22 der 88 Probanden per Zufall zugewiesen. Der 2x2-Versuchsplan wird durch 2 weitere unabhängige Variablen erweitert, die als Messwiederholungsfaktoren realisiert werden.

Die experimentelle Variation der unabhängigen Variable „Bewegungsschwierigkeit“ erfolgt als Messwiederholungsfaktor mit zwei Stufen über zwei verschiedene Größen des Cursors, der zum Durchfahren des Labyrinths verwendet wird.

Die experimentelle Variation der unabhängigen Variablen „Labyrinth-Merkmale“ erfolgt als Messwiederholungsfaktor in drei Stufen durch Verwendung dreier unterschiedlicher Typen labyrinthartiger Stimuli.

Die Untersuchung wird in Vergleiche von jeweils zwei Stimulusvorlagen gegliedert. Die Zerlegung von teilweise auch möglichen mehrstufigen Designs in zwei Paarvergleiche erscheint sinnvoll, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass es sich bei der Variation der Eigenschaften des Labyrinthstimulus - Pfad- Pseudo-Labyrinth- Labyrinth um ein ordinal abgestuftes Labyrinthmerkmal handelt, das auf allen Stufen gleichartige kognitive Prozesse induziert, deren Beanspruchung lediglich im Ausmaß variiert. So erfordert die Bearbeitung eines „echten“ Labyrinths vermutlich qualitativ andere kognitive Prozesse (Response-Selektions-Prozesse) als die eines Wegsystems ohne Sackgassen. Darüber hinaus kann vermutlich im Allgemeinen nicht von linearen Beziehungen zwischen den hier verwendeten unabhängigen und abhängigen Variablen ausgegangen werden (vgl. Lis 2000). Aus diesen Gründen wird der Versuchsplan in zwei Designs unterteilt. Im ersten Vergleich wird der Effekt der Stimuluskomplexität analysiert, im zweiten Vergleich dagegen der Effekt der Existenz von Entscheidungspunkten. Bei beiden Vergleichen interessiert, inwieweit sich die Variation der Stimulusvorlagen abhängig von der Schwierigkeit der Bewegung und der Existenz von Stress und einer Zweitaufgabe auswirkt.

Damit ergeben sich zwei 2x2x2x2-faktorielles Design mit den zwei unabhängigen Faktoren „Ablenkung“ (2-stufig, Ablenkaufgabe: nein/ja) und „Stress“ (2-stufig, Stress: nein/ja) und dem Messwiederholungsfaktoren „Bewegungsschwierigkeit“ (2-stufig: Cursor

klein/groß). Der vierte Faktor wird im ersten Design durch den Faktor „Stimulus-Komplexität“ (2-stufig: Pfad vs. Pseudo-Labyrinth) und im zweiten Design durch den Faktor „Existenz von Entscheidungssituationen“ (2-stufig: Pseudo-Labyrinth vs. Labyrinth) gebildet. Tab. 3.3.1 fasst die Versuchspläne für die beiden Designs mit den verschiedenen unabhängigen Variablen und ihren Operationalisierungen zusammen. Für die vier Zellen der beiden unabhängigen Faktoren „Ablenkung“ und „Stress“ ergibt sich eine Zellenbesetzung von jeweils N=22 Versuchspersonen.

Tab. 3.3.1: Versuchsdesign mit den beiden Subdesigns 1 und 2

Design 1		Stress							
		nein				ja			
		Bewegungsschwierigkeit				Bewegungsschwierigkeit			
		niedrig: kleiner Cursor		hoch: grosser Cursor		niedrig: kleiner Cursor		hoch: grosser Cursor	
		Stimulus - Komplexität		Stimulus - Komplexität		Stimulus - Komplexität		Stimulus - Komplexität	
		niedrig: Pfad	hoch: Pseudo- Labyrinth	niedrig: Pfad	hoch: Pseudo- Labyrinth	niedrig: Pfad	hoch: Pseudo- Labyrinth	niedrig: Pfad	hoch: Pseudo- Labyrinth
Ablenkung	nein								
	ja								

Design 2		Stress							
		nein				ja			
		Bewegungsschwierigkeit				Bewegungsschwierigkeit			
		niedrig: kleiner Cursor		hoch: grosser Cursor		niedrig: kleiner Cursor		hoch: grosser Cursor	
		Entscheidungs- situationen		Entscheidungs- situationen		Entscheidungs- situationen		Entscheidungs- situationen	
		nein: Pseudo- Labyrinth	ja: Labyrinth	nein: Pseudo- Labyrinth	ja: Labyrinth	nein: Pseudo- Labyrinth	ja: Labyrinth	nein: Pseudo- Labyrinth	ja: Labyrinth
Ablenkung	nein								
	ja								

### 3.4 Abhängige Variablen

Das Lösungsverhalten bei der Labyrinthbearbeitung lässt sich durch den Zeitbedarf der Aufgabenlösung, die Qualität der Labyrinthbearbeitung und die Präzision bei der Durch-

führung der geforderten Bewegung beschreiben (s. Diskussion zu verschiedenen Dimensionen des Labyrinthlösungsverhaltens Lis 2000).

### **3.4.1 Zeitbedarf der Labyrinthlösung**

Als Maß für den Zeitbedarf der Labyrinthlösung wird die Zeit zwischen Stimulus-Onset und Erreichen der Zielregion verwendet.

Diese Zeit lässt sich unterteilen in eine initiale Analysezeit, von der man annehmen muss, dass diese für eine initiale Reizanalyse benötigt wird (Lis 2000). Sie umfasst die Zeit von Stimulus-Onset bis Verlassen einer Startregion. Von dieser Zeit wird die Navigationszeit getrennt, während der das Labyrinth durchfahren wird. Sie umfasst die Zeit von Verlassen der Startregion bis zum Erreichen des Zielfeldes.

### **3.4.2 Präzision der Bewegung bei der Labyrinthlösung**

Laut Akkuratheitsinstruktion sind Wandberührungen mit dem Cursor zu vermeiden. Entsprechend werden Wandberührungen als Bewegungsfehler erfasst. Die während der Labyrinthbearbeitung ständig durchgeführte Bestimmung der Cursor-Position erlaubt die genaue Erfassung der Dauer einer Wandberührung. Da auftretende Wandberührungen in Beziehung zur Länge des gegangenen Weges stehen, wird die Gesamtdauer von Wandberührungen durch Division durch die Länge des zurückgelegten Lösungsweges standardisiert (vgl. Lis 2000).

### **3.4.3 Qualität der Aufgabenlösung**

Als Maß für die Qualität der Labyrinthlösung, d.h. die Fehlerhaftigkeit beim Durchfahren des Labyrinths, wird der prozentuale Anteil von Probanden zugrunde gelegt, die bei der Bearbeitung der Labyrinth an mindestens einem Entscheidungspunkt eine falsche Entscheidung treffen und eine Sackgasse betreten. Bei der Bearbeitung von „echten“ Labyrinth kann die Qualität der Aufgabenlösung durch das Treffen falscher Entscheidungen an Weggabelungen reduziert sein. Da diese Fehler an die Existenz von Entscheidungspunkten gebunden sind, beschränkt sich die Analyse hier auf die Stimulusvorlagen mit Sackgassen.

Als zusätzliches Maß für die Qualität der Aufgabenbearbeitung dient die Länge des beim Durchfahren zurückgelegten Weges. In diesen Kennwert fließen zusätzlich Informationen über die Schwere der Fehler an Entscheidungspunkten, d.h. der Weg verlängert sich durch das mehrmalige Betreten von Sackgassen wie auch durch die Tiefe, mit der ein Proband in eine Sackgasse hinein fährt.

### **3.5 Zusatzvariablen**

In der vorliegenden Studie werden verschiedene Zusatzvariablen erfasst, einerseits um zu überprüfen, ob die Zufallszuweisung der Probanden zu der Stress und Ablenkungsbedingung zu vergleichbaren Stichproben geführt hat, und andererseits um die Wirkung der experimentellen Manipulationen zu überprüfen.

#### **3.5.1 Kontrolle der Vergleichbarkeit der Substichproben**

Für das Auftreten von interindividuellen Unterschieden bei der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben wurden im Kontext des Einflusses des Geschlechts neben Unterschieden in visuospatialen Fähigkeiten auch Persönlichkeitsmerkmale und die emotionale Befindlichkeit der Probanden in der Untersuchungssituation diskutiert (vgl. Schmitz 1997). Es hat sich gezeigt, dass insbesondere Angst vor oder in der Untersuchungssituation bei Labyrinthen wie auch im Allgemeinen auf kognitive Prozesse (Heckhausen 1989, Alpert und Haber 1990) zu einer Zunahme von Fehlern (Farber und Spence 1953) oder des Zeitbedarfs (z.B. Cotler und Palmer 1970) oder zu beidem gleichzeitig führt (Palermo et al. 1956). Um zu überprüfen, ob in der vorliegenden Studie nach Randomisierung vier vergleichbare Stichproben vorliegen, wurden deshalb Persönlichkeitsmerkmale als auch die subjektive Befindlichkeit vor der Untersuchung über Fragebögen erfasst.

Um zu überprüfen, ob die 4 Stichproben hinsichtlich verschiedener Dimensionen der Persönlichkeit vergleichbar sind, wurde das Freiburger Persönlichkeitsinventar (revidierte Fassung FPI-R, Fahrenberg et al. 1994), ein Persönlichkeits-Struktur-Test, eingesetzt. Die einzelnen Items des FPI-R werden zu den 12 Subskalen Lebenszufriedenheit, Soziale Orientierung, Leistungsorientierung, Gehemmtheit, Erregbarkeit, Aggressivität, Beanspruchung, Körperliche Beschwerden, Gesundheitssorgen, Offenheit, Extraversion und Emotionalität zusammengefasst.

Zur Erfassung der allgemeinen Befindlichkeit wurde die Eigenschaftswörterliste (EWL-60-S, Kurzform Janke und Debus 1978, CIPS 1996) eingesetzt. Die EWL-60-S erfasst auf der Basis von Adjektiven 15 unterschiedliche Dimensionen der Befindlichkeit, die zu 6 Bereichen („leistungsbezogene Aktiviertheit“, „allgemeine Desaktiviertheit“, „allgemeines Wohlbefinden“, „emotionale Gereiztheit“, „Angst/Deprimiertheit“, „Extraversion/Introversion“) zusammengefasst sind. Der Ausprägungsgrad des einzelnen Befindlichkeitsmerkmals wird auf einer 4-stufigen Skala (von „1“, gar nicht, bis „4“, stark) eingeschätzt.

### **3.5.2 Kontrolle der Wirkung der experimentellen Manipulationen**

#### **3.5.2.1 Kontrolle der Akkuratheit der Bearbeitung der Zweitaufgabe**

Bei den Probanden, die die Labyrinthaufgaben unter der Ablenkbedingung bearbeiteten, wurde die Akkuratheit der Bearbeitung der Zweitaufgabe durch Abfragen der gezählten seltenen Töne am Ende der Labyrinthaufgaben durch den Versuchsleiter erfasst. Hiermit sollte überprüft werden, ob die Probanden die Instruktion befolgten und die Zweitaufgabe präzise bearbeiteten. Als Maß für die Akkuratheit wurde der prozentuale Anteil von Fehlern an der Gesamtzahl präsentierter seltener Reize verwendet.

#### **3.5.2.2 Kontrolle der Wirkung von Stress-Induktion und Zweitaufgabe**

##### **3.5.2.2.1 FbSit-20**

Als Befindlichkeitsmaß zur Quantifizierung des erlebten Stresses wird der Selbstbeurteilungsfragebogen FbSit-20 (Fragebogen zur Situation, entworfen in der Abteilung für differentielle Psychologie der Justus-Liebig-Universität Giessen, Wyhlidal 1997) verwendet. Der Fragebogen war unmittelbar im Anschluss an die durchgeführte Untersuchung von allen Probanden zu bearbeiten.

Der FbSit-20 beinhaltet 9 Adjektive zur Beurteilung der gerade erlebten Situation. Zusätzlich erfasst er in 11 weiteren Items das eigene Befinden in der Situation. Dazu wird vom Probanden jeweils auf einer visuellen Analog-Skala mit einer Skalierung von 1 bis



100 eingeschätzt, welche Intensität ihrem Befinden in der vorausgegangenen Untersuchungssituation am nächsten kam.

Es sollte sich ein Effekt der Variation von Stress und Ablenkung nach der experimentellen Untersuchung zeigen. Es wird erwartet, dass sich Probanden die Stress und/oder Ablenkung erfahren haben, die Untersuchungssituation als belastender erlebt und sich erregter gefühlt haben.

#### **3.5.2.2.2 EWL-60-S**

Da von einem Einfluss emotionaler Befindlichkeit auf kognitive Leistungen ausgegangen werden kann (s.o. 3.5.1), bearbeiteten die Probanden die EWL-60-S auch nach dem Versuch. Es wird erwartet, dass die Befindlichkeit der Probanden durch Stress und Ablenkung beeinflusst wird. Dabei wird erwartet, dass Bereiche, die mit Aktiviertheit und Stress assoziiert sind wie z.B. „allgemeine Desaktiviertheit“ oder „leistungsbezogene Aktivität“, eher betroffen sein werden als z.B. „Extraversion“.

#### **3.5.2.2.3 Elektrodermale Aktivität (EDA)**

Zusätzlich wurde zur objektiven Erfassung des Stressniveaus auf physiologischer Ebene eine Hautwiderstandsmessung (EDA, Elektrodermale Aktivität) durchgeführt. Der Hautwiderstand wurde kontinuierlich während der Aufgabenbearbeitung aufgezeichnet. Aus der Literatur ist bekannt, dass die Parameter der Hautwiderstandsänderungen geeignet sind, indirekt die Tätigkeit des vegetativen Nervensystems und damit emotionale Erregung abzubilden. Dieses Verhalten scheint damit in der vorliegenden Untersuchung geeignet, den Erfolg der experimentell variierten abhängigen Variable „Stress“ zu quantifizieren.

Die Erfassung der elektrodermalen Aktivität der Haut (EDA) stellt vor allem in der Aktivierungsforschung eine der am häufigsten verwendeten psychophysiologischen Verfahren überhaupt dar. Dies ist sicherlich begründet in der relativ einfachen Durchführbarkeit, dem leichten Ansprechen auf psychologische Reize und dem - im Vergleich zu anderen psychophysiologischen Reaktionen - niedrigen „biologischen Grundrauschen“ (Becker-Carus 1979). Die EDA unterscheidet sich von anderen bioelektrischen Maßen,

wie z.B. der EKG-Ableitung dadurch, dass (zumeist) keine vom Organismus selbst generierte Spannung gemessen, sondern eine externe Stromquelle benutzt wird. Der Begriff „Elektrodermale Aktivität“ ist ein erst von Johnson und Lubin (1966) eingeführter Sammelbegriff für die bereits früher beschriebenen elektrischen Phänomene der Haut. Vor allem Veraguth (1909) beobachtete schon Anfang letzten Jahrhunderts, dass sich der elektrische Widerstand, den die Haut einem schwachen Gleichstrom bietet, beim Eintreten emotionaler Reize in charakteristischer Weise ändert: rasches Absinken innerhalb von 1-4s des Hautwiderstands (Negativierung) und langsamer Wiederanstieg sowie einer Zunahme von Spontanfluktuationen des Hautwiderstands. Da als oberste Steuerungsstrukturen die Amygdala und die sympathischen Kerne fungieren (Birbaumer und Schmidt 1996), lässt sich insbesondere das Ausmaß negativ getönter emotionaler Erregung über den Hautwiderstand ermitteln. Peripher-physiologisch hängt die Leitfähigkeitsänderung von der Aktivität in den Schweißdrüsenneuronen und der damit verbundenen cholinergen Reizung des sekretorischen Endes der Schweißdrüsengänge ab (Birbaumer und Schmidt 1996).

In diesem Versuchsaufbau wurde zur Verstärkung der EDA-Daten das S71-22 Modul der Firma Coulbourn Instruments verwendet. Gemessen wurden tonische Änderungen der Leitfähigkeit der Haut (SCL, Skin conductance level) im  $\mu$  Siemens. Die jeweils zwei Ag/AgCl Elektroden der Hautleitfähigkeitsmessung wurden bipolar an der palmaren Fläche (je zwei auf dem Hypothenar und je zwei auf dem Thenar) der nicht-dominanten Hand (bei allen Probanden links) befestigt. Dazu wurden die Elektroden mit der speziellen Leitpaste EC-33 der Firma Grass befüllt und angeklebt. Die Werte der SCL wurden mit einer Grenzfrequenz von 0.1 Hz Tiefpass gefiltert und getrennt für die Baseline und die Kognitionsmessung gemittelt.

Zur Erfassung der psychophysiologischen Parameter wurde eine PC-gestützte, modulbasierte Versuchssteuerungs- und Datenakquisitionsanlage verwendet. Die Anlage umfasst Module der Firma Coulbourn zur Verstärkung der EDA-Signale sowie Pentium I und II Rechner für reine Verhaltensmessungen und VME-Bus Doppelprozessor und Vierfachprozessor Systeme (68060) mit i860 Applikationsbeschleunigern und dem Echtzeitbetriebssystem OS9 für simultane Verhaltens- und physiologische Messungen.

### **3.6 Allgemeiner Versuchsablauf und Messapparatur**

Die Labyrinthuntersuchungen wurden in einem der Untersuchungsräume des Kognitionslabors des Zentrums für Psychiatrie der Justus-Liebig-Universität in Giessen durchgeführt.

Nach Aufklärung der Probanden und Einwilligung zur Teilnahme an der Untersuchung wurde eine Fragebogenbatterie (EWL-60-S, FPI-R, Händigkeitsfragebogen, s. 3.1) bearbeitet. In einem Vorbereitungsraum wurden die Elektroden für Hautwiderstandsmessung am Probanden befestigt. Der der Stressbedingung (s. 3.2.2) zugeordneten Gruppe wurden kleine weiße Punkte in die Gesichtsregion geklebt. Die Probanden nahmen daraufhin im Untersuchungsraum auf einem Entspannungsstuhl Platz, die Verkabelung wurde angeschlossen. Denjenigen Probanden, die der Stressbedingung ausgesetzt wurden, wurde eine Videokamera im Abstand von ca. 1m auf einem Stativ schräg vor das Gesicht gestellt. Während der Messungen befanden sich die Probanden allein in dem abgedunkelten Untersuchungsraum. Der Abstand zwischen dem Untersuchungsstuhl und dem Bildschirm war standardisiert, das Graphiktablett hielten die Versuchspersonen auf dem Schoß.

Labyrinthe dreier verschiedener Komplexitätsgrade waren von den zuvor randomisierten Gruppen unter einer aktivierenden/nicht aktivierenden und einer ablenkenden/nicht ablenkenden Bedingung mittels jeweils zwei verschieden großer Cursor zu bearbeiten (s. Versuchsplan 3.3).

Die Labyrinthvorlagen wurden auf einem Computerbildschirm der Größe 17" mit einer Auflösung von 800x600 Pixel präsentiert. Die Labyrinthe waren mit Hilfe eines speziellen Stiftes auf einem Graphiktablett (WACOM, Ultrapad III, A3) zu durchfahren. Dabei wurden die Bewegungen des Stiftes visuell auf dem Monitor rückgemeldet. X- und Y-Koordinaten des Stiftes auf dem Tablett und damit des Cursors wurden mit einer Frequenz von 200Hz abgegriffen und zur späteren Verrechnung auf der Festplatte des Rechners gespeichert. Die computergestützte Darbietung von Labyrinthaufgaben bietet im Vergleich zu den traditionellen Paper-Pencil-Verfahren (s. z.B. Labyrinth-Test von Porteus, 1965) unter Beibehaltung eines kontinuierlichen und natürlichen Bewegungs-

ablaufes mit einem Stift den Vorteil einer präziseren Zeiterfassung und besseren Möglichkeiten zur Realisierung experimenteller Manipulationen (vgl. Lis 2000). Die Messanordnung ist der in früheren Untersuchungen im Kognitionslabor des Zentrums für Psychiatrie Giessen bei gesunden Probanden und verschiedenen Gruppen schizophrener erkrankter Personen eingesetzten Anordnung vergleichbar (z.B. Gallhofer et al. 1996a, b, 1997, Krieger, Lis und Gallhofer 1998, 2001b, Krieger 1999, Lis 2000).

Zur Lösung einer Labyrinthaufgabe ist es notwendig, einen Stift oder Cursor von einem Startpunkt zu einer Zielregion durch ein System von Wegen zu führen. Die Probanden waren instruiert, den Cursor auf dem kürzesten Weg so schnell wie möglich in die grün markierte Zielregion zu führen. Dabei sollte die Berührung der Wände des Wegsystems mit dem Cursor vermieden werden. Bei einer Akkuratheitsinstruktion für die Bewegung wurde die Wandberührung durch ein akustisches Feedback (350Hz-Ton, 100ms Präsentationsdauer, 70dB) signalisiert. Im Gegensatz zu den auf Papier dargebotenen Labyrinthen ist ein Durchkreuzen der Wände mit dem Cursor nicht möglich.

Alle Stimulusvorlagen bestanden aus einem zu durchfahrenden schwarzen Weg mit einer Breite von 24 Pixeln, der durch hellblaue Wände begrenzt war. In allen Stimuli war die anzufahrende Zielregion durch ein grünes Feld gekennzeichnet.

Um sicherzustellen, dass die zu untersuchende Person bereit war, mit der Aufgabe zu beginnen, wurde als erstes ein Startdisplay mit der schriftlichen Aufforderung, den Cursor an eine bestimmte Startregion zu navigieren, präsentiert. Erst wenn die Versuchsperson dieser Aufforderung nachgekommen war, wurden die eigentlichen Stimuli auf dem Monitor dargeboten. Vor Start der eigentlichen Messungen wurde dem Probanden Gelegenheit gegeben, sich mit dem Grafiktablett und der Bearbeitung der Labyrinthaufgaben vertraut zu machen. Dazu wurden mindestens fünf Labyrinthe verschiedener Komplexitätsgrade, die nicht Teil der vorliegenden Auswertungen waren, präsentiert. Die Instruktion lautete: „Bitte durchfahren Sie die Labyrinthe mit dem Cursor möglichst schnell auf dem kürzesten Wege und vermeiden sie Wandberührungen“. Die Labyrinthe wurden nacheinander präsentiert. Nach jedem Labyrinth erschien auf dem Bildschirm der Hinweis: „Geschafft!!! Gleich geht’s weiter!“ Um den Versuchspersonen individuelle Kontrolle über die Länge der Pausen (mind. jedoch 10 Sekunden) zu ermöglichen,

konnte das jeweils nächste Labyrinth über einen Bildschirm mit der Aufforderung: „Bitte fahren Sie zum Starten auf den roten Punkt“ gestartet werden.

Unter der Ablenkbedingung wurde den Probanden gleichzeitig mit Darbietung der Labyrinthaufgabe eine Zweitaufgabe präsentiert (UV1, 3.2.1). Nach Ende der Labyrinthaufgaben wurden die Probanden vom Versuchsleiter gefragt, wie viele seltene akustische Stimuli sie während der Labyrinthbearbeitung gezählt haben. Unter der Stressbedingung (UV2, 3.2.2) wurde vom Versuchsleiter sozialer Stress erzeugt.

Unmittelbar im Anschluss an die durchgeführte Labyrinthuntersuchung wurde allen Probanden der Fragebogen FbSit-20 (s. 3.5.2.2.1) zur Bearbeitung vorgelegt.

### **3.7 Statistische Auswertungsverfahren**

Die Versuchspläne der beiden Vergleiche der vorliegenden Untersuchung (vgl. 3.3) werden getrennt analysiert und dargestellt.

Abhängige Variablen, die als Häufigkeiten erfasst wurden (Häufigkeit von Fehlertypen), werden mit Hilfe von Kontingenztafeln ( $\chi^2$ , ggfs. mit exakter Wahrscheinlichkeit nach Fisher bei unabhängigen Messungen, McNemar, bzw. Binomialtest bei abhängigen Messungen, vgl. Bortz, Lienert & Boehnke 1990) ausgewertet.

Intervallskalierte abhängige Variablen werden mit Hilfe vierfaktorieller Varianzanalysen mit 2 unabhängigen Faktoren und 2 Messwiederholungsfaktoren mit je 2 Stufen analysiert. Die unabhängigen Faktoren werden durch die Faktoren „Stress“ (nein/ja) und „Ablenkung“ (nein/ja) gebildet. Als Messwiederholungsfaktoren gehen der Faktoren "Bewegungsschwierigkeit" sowie der Typ der verwendeten Stimulusvorlage (Design1: Komplexität des Stimulushintergrundes, Design 2: Existenz von Entscheidungspunkten) entsprechend der dargestellten Versuchspläne (s. 3.3) in die varianzanalytische Auswertung ein.

Beim Auftreten von Interaktionseffekten werden die Effekte a posteriori durch Subdesigns des 2x2x2x2-Design weiter spezifiziert.

Aufgrund des explorativen Charakters der vorliegenden Studie wird auf eine Adjustierung des Alpha-Niveaus verzichtet. Eine Prüfung, ob die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung generalisierbar sind, sollte in unabhängigen Untersuchungen erfolgen.

Ein Vergleich der Stichprobenmerkmale der 4 Substichproben für Alter und die Subskalen von FPI-R und EWL-60-S werden mit Hilfe einer 2x2-faktoriellen ANOVA mit den beiden unabhängigen Faktoren „Stress“ und „Ablenkung“ durchgeführt.

Um die Wirkungen der experimentellen Manipulationen „Stress „ und „Ablenkung“ auf die Befindlichkeit zu analysieren, wird eine 2x2x2-faktorielle ANOVA mit den beiden unabhängigen Faktoren „Stress“ und „Ablenkung“, sowie dem Messwiederholungsfaktor „Messzeitpunkt“ (2-stufig: vor und nach der Kognitionsuntersuchung) eingesetzt.

Die statistischen Analysen wurden mit Hilfe des „Statistical Package for the Social Sciences“ (SPSS) durchgeführt.

## **4. Ergebnisse**

### **4.1 Vergleichbarkeit der Substichproben**

Die Probanden wurden zufällig einer der vier Untersuchungsgruppen (Stress: JA/NEIN, Ablenkung JA/NEIN) zugewiesen. Mittelwerte und Standardabweichung der verschiedenen Stichprobenmerkmale für die vier resultierenden Substichproben mit jeweils 22 Probanden sind in Tab. 4.1.1 zusammengefasst.

Alle vier Gruppen waren hinsichtlich des Alters vergleichbar. Ein statistischer Vergleich des Alters zwischen den Gruppen mit Hilfe einer 2x2-ANOVA mit den unabhängigen Faktoren „Stress“ und „Ablenkung“ zeigte weder Unterschiede über die Faktoren „Stress“ ( $F=1.91$ ,  $p=.17$ ) und „Ablenkung“ ( $F= <0.01$ ,  $p=.95$ ), noch eine Interaktion zwischen beiden („Stress“ x „Ablenkung“:  $F 0.03$ ,  $p=.87$ ).

Zusätzlich wurden Persönlichkeitsmerkmale mit dem FPI und die Befindlichkeit mit der EWL-60 erfasst (Mittelwerte und Standardabweichung vgl. ebenfalls Tab. 4.1.1). Die Ergebnisse der statistischen Analyse (2x2-faktoriellen ANOVA mit den unabhängigen Faktoren „Stress“, 2-stufig: JA/NEIN „Ablenkung“, 2-stufig: JA/NEIN) in Tab. 4.1.2 zusammengestellt.

Für das FPI zeigen die Ergebnisse der statistischen Auswertung Unterschiede zwischen den Gruppen für die Subskalen „Beanspruchung“ und „Offenheit“, während in allen anderen Subskalen („Leistungsorientierung“, „Lebenszufriedenheit“, „Soziale Orientierung“, „Gehemmtheit“, „Erregbarkeit“, „Aggressivität“, „Körperliche Beschwerden“, „Gesundheitssorgen“, „Extraversion“, „Emotionalität“) die vier Stichproben als vergleichbar zu betrachten sind.

Im Bereich „Beanspruchung“ unterscheiden sich die Gruppen, die später eine Zweitaufgabe bearbeiten werden, von denen, die nicht abgelenkt werden (Haupteffekt: Ablenkung:  $F=4.29$ ,  $p=.041$ , Abb. 4.1.1). Die Probanden, die keine Ablenkung erfahren werden, zeigen im Mittel einen höheren Punktwert als die Personen mit Zweitaufgabe, d.h. sie fühlten sich eher angespannt, überfordert und oft „im Stress“ (FPI-R 1984).

Tab. 4.1.1: Mittelwerte (AM) und Standardabweichungen ( $\pm$ ) für Alter sowie der FPI- und EWL-60-S Subskalen der vier Substichproben

	Ablenkung: NEIN				Ablenkung: JA			
	Stress: NEIN		Stress : JA		Stress : NEIN		Stress : JA	
	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3		Gruppe 4	
	AM	$\pm$	AM	$\pm$	AM	$\pm$	AM	$\pm$
Alter	24.2	3.5	23.2	3.5	24.3	4.3	23.0	3.4
<u>FPI</u>								
Lebenszufriedenheit	5.86	1.58	6.03	2.15	6.23	1.77	5.98	1.78
Soziale Orientierung	6.59	1.50	6.11	1.87	6.05	1.17	6.50	1.77
Leistungsorientie- rung	4.36	2.08	4.82	2.68	5.18	2.61	3.77	1.82
Gehemmtheit	7.18	2.63	7.55	2.76	6.09	2.83	7.45	2.09
Erregbarkeit	5.59	1.05	6.00	1.54	5.50	1.54	5.57	1.55
Aggressivität	7.14	2.98	6.86	3.08	7.05	2.72	6.86	3.11
Beanspruchung	7.91	2.49	6.86	2.85	6.14	3.09	6.14	2.87
Körperliche Beschwerden	9.45	2.77	9.85	2.62	9.09	3.04	9.41	2.13
Gesundheitssorgen	8.55	2.52	8.45	2.48	8.55	2.13	7.73	2.64
Offenheit	3.48	1.94	3.95	1.91	3.09	2.02	4.32	1.84
Extraversion	4.59	2.56	5.05	1.86	5.73	2.86	5.18	2.15
Emotionalität	8.72	3.38	7.95	3.67	7.41	3.11	7.68	3.22
<u>EWL-60-S</u>								
Leistungsbezogene Aktivität	22.2	3.1	22.2	3.1	20.1	4.5	22.0	2.3
Allgemeine Desaktiviertheit	17.9	4.7	18.0	5.7	19.1	6.7	17.2	4.2
Extra-/ Introversion	15.9	2.6	15.8	2.0	15.9	2.1	15.9	2.7
Allgemeines Wohlbehagen	22.3	3.8	22.0	3.7	19.5	5.0	20.9	3.0
Emotionale Gereiztheit	15.6	2.4	17.2	4.4	17.4	4.3	17.4	4.5
Angst	15.7	3.0	15.9	3.9	17.4	4.9	16.6	3.8



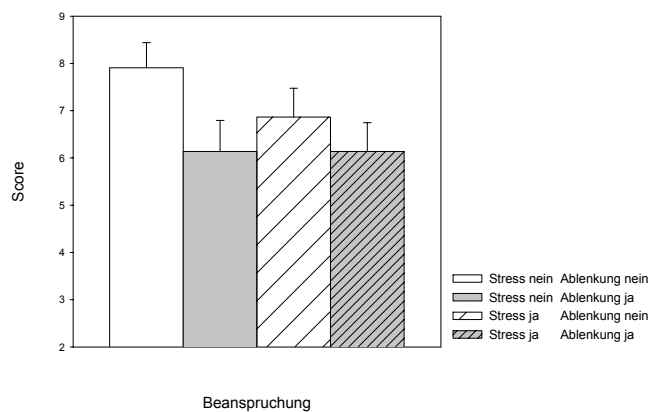


Abb. 4.1.1: Mittelwerte und Standardfehler für die Subskala „Beanspruchung“ des FPI-R getrennt für die vier Probandengruppen

Im Bereich „Offenheit“ unterscheiden sich die Gruppen der „Stress“-Bedingung von denen der „Kein-Stress“-Bedingung (Haupteffekt: Stress:  $F=4.30$ ,  $p=.041$ , Abb. 4.1.2). Die Gruppe von Probanden, die in Zukunft experimentellem Stress ausgesetzt sein wird, ist im Vergleich zur Gruppe ohne Stress offener, d.h. diese räumen selbstkritisch eine Vielzahl kleinerer Schwächen und Fehler ein, sie sehen in diesen Verhaltensweisen keine besonderen Normverletzungen.

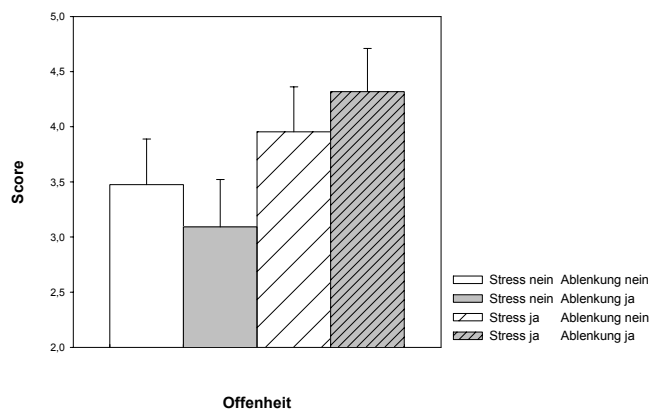


Abb. 4.1.2: Mittelwerte und Standardfehler für die Subskala „Offenheit“ des FPI-R getrennt für die vier Probandengruppen

In der EWL-60-S zeigen die Ergebnisse der statistischen Auswertung Unterschiede zwischen den Gruppen lediglich für den Bereich „Allgemeines Wohlbefinden“. Die Probanden, die keine Ablenkung erfahren werden, zeigen ein höheres allgemeines Wohlbefinden als die Probanden, die eine Zweitaufgabe werden bearbeiten müssen.

Tab. 4.1.2: Ergebnisse der 2x2-faktoriellen ANOVA der FPI-R Subskalen und der Bereiche der EWL-60-S

	„STRESS“		„ABLENKUNG“		„STRESS“ x „ABLENKUNG“		
	F	p	F	P	F	P	
<u>FPI</u>							
Lebenszufriedenheit	0.01	.924	0.16	.689	0.28	.599	
Soziale Orientierung	<0.01	.968	0.05	.821	1.88	.174	
Leistungsorientie- rung	0.92	.339	0.05	.820	3.52	.064	
Gehemmtheit	2.44	.122	1.14	.288	0.82	.386	
Erregbarkeit	0.61	.436	0.72	.397	0.31	.581	
Aggressivität	0.13	.721	0.01	.943	0.01	.943	
Beanspruchung	0.75	.389	4.29	.041	*	0.75	.389
Körperliche Beschwerden	0.39	.533	0.50	.482	<0.01	.948	
Gesundheitssorgen	0.76	.387	0.48	.488	0.48	.488	
Offenheit	4.30	.041	*	<0.01	.980	0.83	.366
Extraversion	0.01	.929	1.56	.215	0.96	.329	
Emotionalität	0.02	.881	0.82	.368	0.82	.368	
<u>EWL-60-S</u>							
Leistungsbezogene Aktivität	1.63	.205	2.55	.114	1.63	.205	
Allgemeine Desaktiviertheit	0.53	.467	0.03	.859	0.79	.376	
Extra-/ Introversion	0.01	.952	0.01	.976	0.01	.952	
Allgemeines Wohlbehagen	0.44	.510	5.44	.022	*	1.05	.308
Emotionale Gereiztheit	0.95	.332	1.29	.260	0.88	.350	
Angst	0.16	.694	2.01	.160	0.33	.567	

## 4.2 Kontrolle der Wirkung der experimentellen Manipulationen

### 4.2.1 Akkuratheit der Bearbeitung der Zweitaufgabe

Die Qualität bei der Bearbeitung der als Zweitaufgabe präsentierten Oddball-Aufgabe wurde mit Hilfe des prozentualen Anteils von Fehlern an der Gesamtzahl präsentierter seltener Reize erfasst. Der prozentuale Fehleranteil ist getrennt für die beiden Probandengruppen, die die Labyrinthaufgaben mit der Zweitaufgabe bearbeiten mussten, getrennt für die Bedingungen mit „Stress“ und „ohne Stress“ in Abb. 4.2.1 dargestellt.

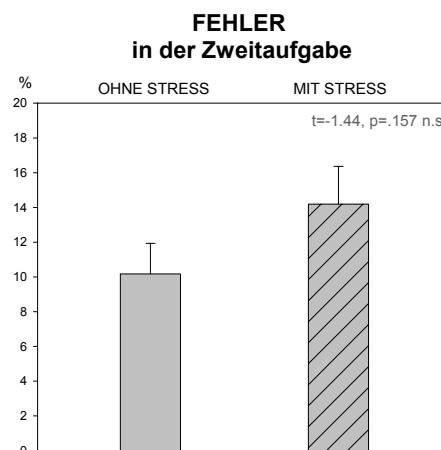


Abb. 4.2.1: Mittelwerte und Standardfehler des prozentualen Anteils von Fehlern an der Gesamtzahl der präsentierten seltenen Reize

Die Mittelwerte des Fehleranteils deuten auf eine höhere Fehlerrate in der Gruppe mit Stress als in der Gruppe ohne Stress. Vergleicht man jedoch die Häufigkeit von Fehlern in der Zweitaufgabe zwischen den beiden Stressbedingungen statistisch mit Hilfe eines unabhängiger t-Test (zweiseitig), lassen sich keine Unterschiede zwischen den Fehleraten der Stressgruppe (Stress Ja:  $14.2 \pm 10.16$ ) und den Probanden, die die Aufgaben ohne Induktion sozialen Stresses bearbeiteten (Stress Nein:  $10.2 \pm 8.23$ ), nachweisen ( $t = -1.44$ ,  $p = .157$ ).

## **4.2.2 Kontrolle der Wirkung von Stress-Induktion und Zweitaufgabe**

### **4.2.2.1 Subjektiv erlebte Effekte von Stress und Ablenkung**

#### **4.2.2.1.1 Bewertung der Untersuchungssituation: FbSit-20**

Die FbSit-20 (s. 3.5.2.2.1) liefert in drei Subskalen eine Einschätzung dafür, wie stark eine Situation als „belastend“, „positiv“ und „langweilig“ bewertet wird. In drei weiteren Subskalen erlaubt die FbSit-20 eine Abschätzung, wie stark „Belastung“, „Erregtheit“ und „Aggressivität“ in einer Situation erlebt werden.

Mittelwerte und Standardabweichungen der Subskalen für die vier Probandengruppen sind in Tab. 4.2.1, die Ergebnissen der 2x2-faktoriellen ANOVA in Tab. 4.2.2 dargestellt.

Effekte der experimentellen Manipulation lassen sich in der FbSit-20 in unterschiedlichen Subskalen für Stress und Ablenkung unabhängig voneinander statistisch nachweisen.

Ein Effekt der unabhängigen Variablen „Stress“ lässt sich als Haupteffekt bei der Bewertung der Situation als „positiv“ beobachten ( $F=4.06$ ,  $p=.047$ ). Die Probanden, die der Stressbedingung ausgesetzt waren, bewerteten die Untersuchungssituation als weniger positiv als die Probanden ohne Stress (Abb. 4.2.1.A). Ein ähnlicher Effekt der Induktion von Stress lässt sich für die Subskala „subjektiv erlebte Erregtheit“ beobachten ( $F=4.02$ ,  $p=.048$ ). Die der Stressbedingung ausgesetzten Probanden erlebten eine höhere Erregtheit in der Untersuchungssituation (Abb. 4.2.1.B). In beiden Subskalen lässt sich allein eine Auswirkung der Stressbedingung nachweisen. Die unabhängige Variable „Ablenkung“ wirkt sich hier weder unabhängig (Haupteffekt) noch abhängig (Interaktion) von der Stressbedingung aus.

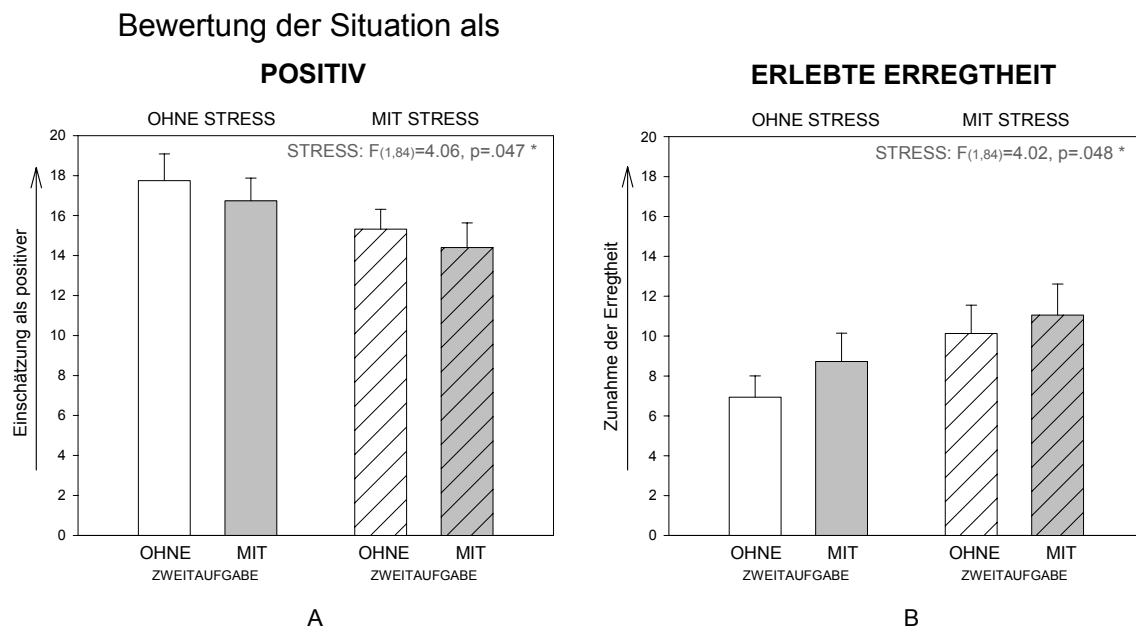


Abb. 4.2.1. A und B: Mittelwerte und Standardabweichungen in den Bereichen „Bewertung der Situation als positiv“ (A) und „erlebte Erregtheit“ (B) der FbSit-20 getrennt für die vier Probandengruppen

Dagegen lässt sich ein Effekt der unabhängigen Variablen „Ablenkung“ als Haupteffekt in den beiden Subskalen nachweisen, die die mit der Untersuchungssituation verbundene Belastung der Probanden erfassen. Sowohl in der Bewertung der Situation als belastend ( $F=6.57$ ,  $p=.012$ , Abb. 4.2.2.A) als auch in der Stärke der subjektiv erlebten Belastung ( $F=5.51$ ,  $p=.021$ , Abb. 4.2.2.B) zeigen Probanden, die bei der Bearbeitung der Labyrinthaufgaben eine Zweitaufgabe bearbeiten mussten, höhere Werte als die Probanden ohne Zweitaufgabe.

In beiden Subskalen lässt sich allein eine Auswirkung der Ablenkbedingung nachweisen. Die unabhängige Variable „Stress“ wirkt sich hier weder unabhängig (Haupteffekt) noch abhängig (Interaktion) von der Ablenkbedingung aus.

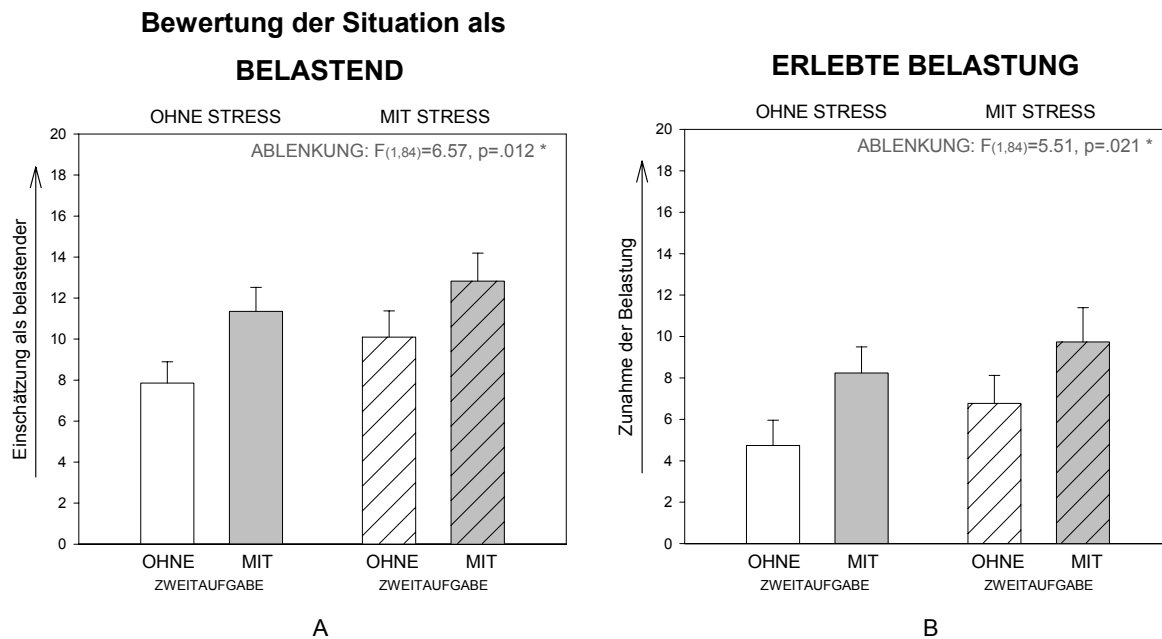


Abb. 4.2.2. A und B: Mittelwerte und Standardfehler in den Bereichen „Bewertung der Situation als belastend“ (A) und „erlebte Belastung“ (B) der FbSit-20 getrennt für die vier Probandengruppen

Die Subskalen „Bewertung der Situation als langweilig“ und „erlebte Aggressivität“ werden weder durch die Induktion von Stress noch durch das Einführen einer Zweitaufgabe beeinflusst.

Tab. 4.2.1: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Subskalen der FbSit-20 in den vier unabhängigen Probandengruppen

	Ablenkung: NEIN				Ablenkung: JA			
	Stress: NEIN		Stress : JA		Stress : NEIN		Stress : JA	
	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3		Gruppe 4	
	AM	±	AM	±	AM	±	AM	±
Belastende Bewertung der Situation	7.85	4.85	10.10	6.00	11.35	5.47	12.83	6.37
Positive Bewertung der Situation	17.76	6.29	15.31	4.65	16.73	5.33	14.40	5.81
Langweilige Bewertung der Situation	3.99	0.75	3.56	0.75	3.52	0.75	4.23	0.75
Erlebte Belastung	4.74	5.70	6.77	6.33	8.24	5.90	9.74	7.73
Erlebte Erregtheit	9.93	5.02	10.13	6.67	8.72	6.67	11.05	7.31
Erlebte Aggressivität	5.23	3.04	6.05	4.08	5.97	3.07	6.76	4.92

Tab. 4.2.2: Ergebnisse der 2x2-faktoriellen ANOVA für die Subskalen der FbSit-20

		„STRESS“		„ABLENKUNG“		„STRESS“ x „ABLENKUNG“	
		F	p	F	p	F	p
Belastende Bewertung der Situation		2.33	.130	6.57	.012 *	0.10	.753
Positive Bewertung der Situation		4.06	.047 *	0.67	.417	0.01	.971
Langweilige Bewertung der Situation		0.03	.855	0.02	.891	0.59	.447
Erlebte Belastung		1.65	.203	5.51	.021 *	0.04	.848
Erlebte Erregtheit		4.02	.048 *	0.97	.328	0.10	.756
Erlebte Aggressivität		0.96	.331	0.79	.376	<0.01	.987

#### 4.2.2.1.2 Befindlichkeit: EWL-60-S

Mittelwerte und Standardabweichungen der 6 Befindlichkeitsbereiche der EWL-60-S nach der Untersuchung sind in den Tabellen. 4.2.4 zusammengefasst (Werte vor der Untersuchung vgl. 4.1). Sie sind zusammen mit den Einschätzungen vor der Untersuchung in Abb. 4.2.3 graphisch dargestellt. Um die Veränderungen der Befindlichkeit nach der Untersuchung im Vergleich zu der Befindlichkeit vor der Untersuchung zu untersuchen, wird getrennt für jeden der Befindlichkeitsbereiche eine 2x2x2-faktoriellen ANOVA mit den unabhängigen Faktoren „Stress“ (2-stufig: ja/nein) und „Ablenkung“ (2-stufig: ja/nein) und Messzeitpunkt (2-stufig: vor und nach der Durchführung des Experimentes) durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.2.3 zusammengestellt.

Es interessiert, ob die subjektive Einschätzung der Befindlichkeit durch die experimentelle Variation von Stress und Ablenkung beeinflusst wird, d.h. ob sich die subjektive Befindlichkeit nach der Messung in Abhängigkeit von Stress und Ablenkung von der vor der Messung unterscheidet.

Die Ergebnisse zeigen im Bereich „allgemeine Desaktiviertheit“ eine Beeinflussung der Befindlichkeit in Abhängigkeit davon, ob Ablenkung gegeben wurde (Interaktion: Ablenkung x Messzeitpunkt,  $F=4.20$ ,  $p=.044$ ). Die Probanden, die eine Zweitaufgabe bearbeiten mussten, fühlten sich nach der Untersuchung allgemein desaktivierter. Dieser Effekt war unabhängig davon, ob Stress erfahren wurde, zu beobachten.

In den Bereichen „leistungsbezogene Aktiviertheit“, „Extraversion/Introversion“, und „allgemeines Wohlbefinden“ lassen sich - unabhängig von der Zugehörigkeit der Probanden zu den Stress- und Ablenkbedingungen - Unterschiede über den Untersuchungsverlauf beobachten. Im Vergleich zu der Einschätzung vor Start der Untersuchungen schätzten sich die Probanden nach Durchführung der Labyrinthaufgaben als weniger leistungsbezogen aktiviert und allgemein desaktivierter ein. Sie geben ein vermindertes Maß an allgemeinem Wohlbefinden und eine stärkere Introvertiertheit an.

Die Befindlichkeitsbereiche „emotionale Gereiztheit“ und „Angst/Deprimiertheit“ werden dagegen durch den Ablauf der Untersuchung nicht beeinflusst.

Tab. 4.2.3: EWL-60-S: Ergebnisse der 2x2x2 ANOVAs mit den Faktoren Stress, Ablenkung und Messzeitpunkt (prae vs. post Lösen der Labyrinthaufgaben)

	Leistungsbez. Aktiviertheit (a)	Allgemeine Desaktiviertheit (b)	Extra-/Introversion (c)	Allgemeines Wohlbefinden (d)	Emotionale Gereiztheit (e)	Angst (f)
Stress	$F=0.85$ $p=.359$	$F=0.34$ $p=.560$	$F=0.05$ $p=.832$	$F=0.31$ $p=.581$	$F=2.72$ $p=.103$	$F=0.02$ $p=.894$
Ablenkung	$F=2.07$ $p=.154$	$F=1.27$ $p=.263$	$F=0.12$ $p=.728$	$F=3.02$ $p=.086$ (*)	$F=0.80$ $p=.374$	$F=2.49$ $p=.118$
Stress x Ablenkung	$F=1.32$ $p=.254$	$F=0.76$ $p=.387$	$F=0.16$ $p=.691$	$F=0.75$ $p=.389$	$F=0.41$ $p=.525$	$F=0.20$ $p=.653$
Messzeitpunkt	$F=60.88$ $p<.001$ ***	$F=6.65$ $p=.012$ *	$F=14.84$ $p<.001$ ***	$F=24.18$ $p<.001$ ***	$F=0.21$ $p=.649$	$F=2.09$ $p=.152$
Stress x Messzeitpunkt	$F=0.56$ $p=.455$	$F=0.16$ $p=.690$	$F=0.13$ $p=.718$	$F=0.09$ $p=.763$	$F=1.07$ $p=.304$	$F=0.47$ $p=.493$
Ablenkung x Messzeitpunkt	$F=0.13$ $p=.720$	$F=4.20$ $p=.044$ *	$F=0.62$ $p=.433$	$F=2.36$ $p=.129$	$F=0.29$ $p=.592$	$F=0.01$ $p=.929$
Stress x Ablenkung x Messzeitpunkt	$F=0.01$ $p=.770$	$F=0.02$ $p=.886$	$F=1.37$ $p=.245$	$F=0.20$ $p=.655$	$F=0.38$ $p=.538$	$F=0.20$ $p=.658$



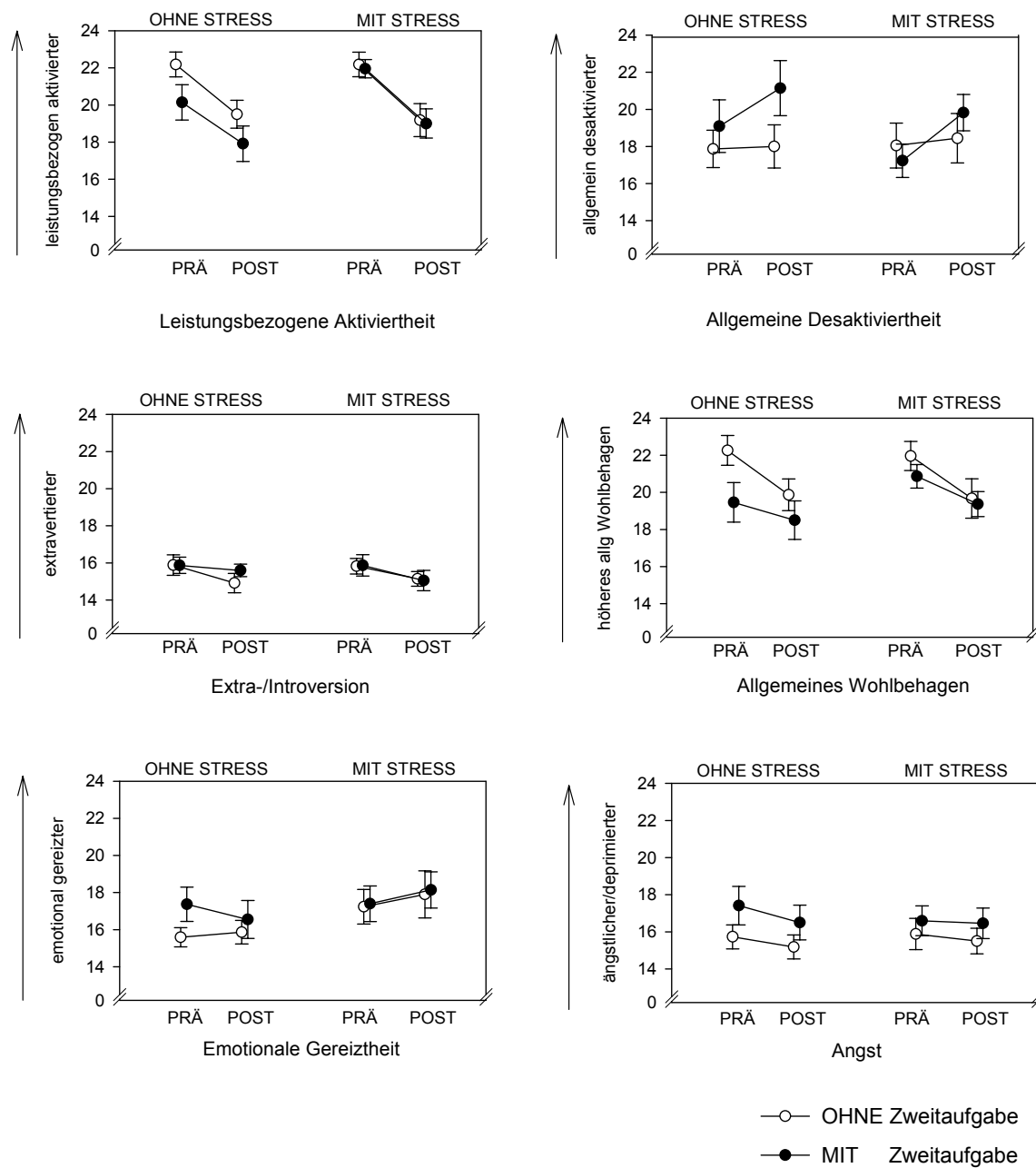


Abb. 4.2.3: Mittelwerte und Standardfehler der Befindlichkeitseinschätzungen in den 6 Befindlichkeitsbereichen der EWL-60-S vor (prä) und nach (post) Bearbeitung der Labyrinthaufgaben getrennt für die vier Probandengruppen

Tab. 4.2.4: Befindlichkeitsbereiche der EWL-60-S: Mittelwerte und Standardabweichungen der Einschätzungen nach Durchführung der Untersuchung

	Ablenkung: NEIN				Ablenkung: JA			
	Stress : NEIN		Stress : JA		Stress : NEIN		Stress : JA	
	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3		Gruppe 4	
	AM	±	AM	±	AM	±	AM	±
Leistungsbezogene Aktivität (a)	19.5	3.5	19.2	4.2	17.9	4.5	19.0	3.7
Allgemeine Desaktiviertheit (b)	18.0	5.5	18.4	6.2	21.1	7.0	19.8	4.6
Extra-/ Introversion (c)	14.9	2.4	15.1	1.9	15.6	1.6	15.0	2.6
Allgemeines Wohlbefinden (d)	19.9	4.0	19.7	5.0	18.5	4.9	19.4	3.2
Emotionale Gereiztheit (e)	15.9	3.0	17.9	5.9	16.5	4.8	18.1	4.6
Angst (f)	15.2	3.0	15.5	3.2	16.5	4.4	16.5	3.9

## 4.3 Objektive Wirkung von Stress

### 4.3.1 Elektrodermale Aktivität EDA

Die EDA wurde als Baseline vor der Kognitionsmessung sowie während der Bearbeitung der Labyrinthaufgaben erfasst. Mittelwerte und Standardabweichungen für diese beiden Messzeitintervalle (Baseline vor Bearbeitung der Labyrinthaufgaben, und während der Kognitionsuntersuchung) finden sich in Tab. 4.3.1 und sind in Abb. 4.3.1 graphisch dargestellt. Die Ergebnisse der statistischen Analyse (2x2-faktoriellen ANOVA mit den unabhängigen Faktoren „Stress“, 2-stufig: ja/nein, und „Ablenkung“, 2-stufig: ja/nein unter Berücksichtigung der 2 Messzeitintervalle) sind in Tabelle 4.3.2 zusammengestellt.

Dabei interessierte, ob die elektrodermale Aktivität durch die experimentelle Variation

von Stress und Ablenkung beeinflusst wird, d.h. ob sich die Leitfähigkeit der Haut (Skin Conductance Level) bei der Bearbeitung der Labyrinthaufgaben im Vergleich zur Baseline abhängig von der Induktion von Stress und der Bearbeitung einer Zweitaufgabe verändert.

Das Ergebnis der 2x2x2-faktoriellen ANOVA (Stress/Ablenkung/Messzeitpunkt, s. Tab. 4.3.2.) zeigt eine unspezifische Veränderung des Skin conductance Levels (Haupteffekt: Messintervall  $F=1.11$ ,  $p=.007$ ). Der Effekt war unabhängig davon, ob Stress erfahren wurde oder eine ablenkende Aufgabe parallel gelöst werden musste, zu beobachten.

Tab. 4.3.1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Leitfähigkeit der Haut während der Baseline und der Bearbeitung de Labyrinthaufgaben

	Ablenkung: NEIN				Ablenkung: JA			
	Stress : NEIN		Stress : JA		Stress : NEIN		Stress : JA	
	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3		Gruppe 4	
	AM	±	AM	±	AM	±	AM	±
Baseline	2.05	0.38	1.98	0.33	2.32	0.27	2.10	0.31
Bearbeitung der Labyrinthaufgaben	1.84	0.33	1.89	0.29	2.20	0.27	1.86	0.21

Tab. 4.3.2: Ergebnisse der 2x2x2 ANOVAs unter Berücksichtigung der zwei Messintervalle für die Leitfähigkeit der Haut

Effekt	F	p
Stress	1.23	.63
Ablenkung	1.37	.55
Stress * Ablenkung	1.21	.65
Messintervall	7.78	.007 **
Stress * Messintervall	1.00	.97
Ablenkung * Messintervall	1.05	.83
Stress * Ablenkung * Messintervall	1.11	.29

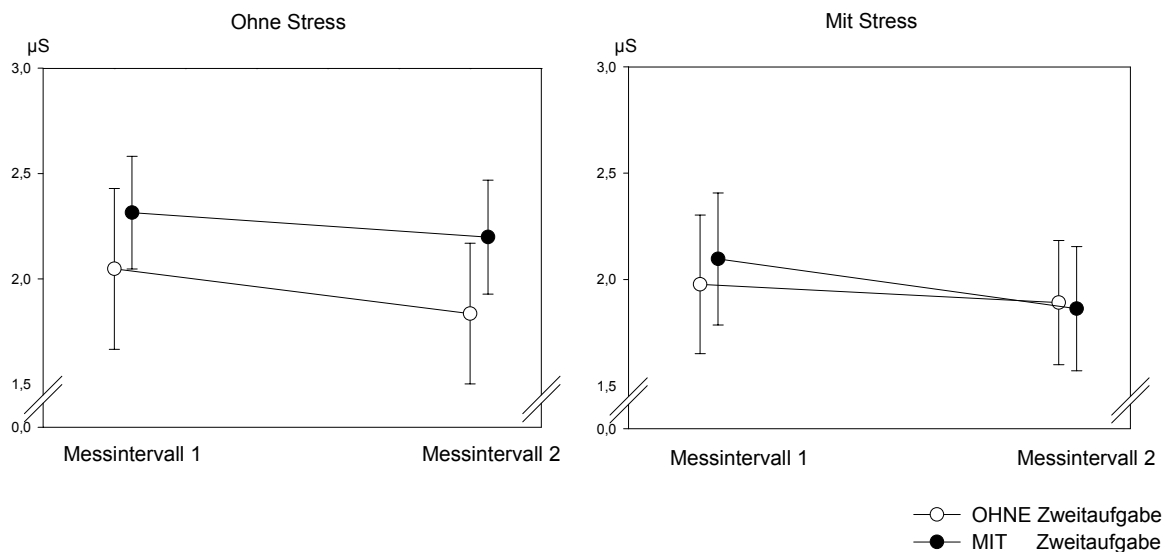


Abb. 4.3.1: Mittelwerte und Standardfehler der Leitfähigkeit der Haut in der Baseline und während der Bearbeitung der Labyrinthaufgaben getrennt für die vier Probandengruppen

## 4.4 Verhalten in Labyrinthaufgaben

### 4.4.1 Vergleich 1: Komplexität des Stimulus und Bewegungsschwierigkeit

#### 4.4.1.1 Zeitbedarf der Aufgabenlösung

##### 4.4.1.1.1 Initiale Analysezeit

Die Dauer der initialen Analysezeit bei der Bearbeitung von Pfad und Pseudo-Labyrinth in den beiden Bewegungsschwierigkeiten ist für die vier Probandengruppen in Abb. 4.4.1 dargestellt.

Statistisch lässt sich kein Einfluss der beiden Faktoren „Stress“ und „Ablenkung“ nachweisen (s. Tab. 4.4.1). Unabhängig davon, ob die Aufgaben unter sozialem Stress und/oder der gleichzeitigen Zuwendung zur Ablenkaufgabe bearbeitet werden, wirken sich der Typ des Stimulus (Haupteffekt: Stimulustyp  $F=61.57$ ,  $p<.0001$ ) und die Grösse des Cursors (Haupteffekt: Cursorgrösse  $F=8.08$ ,  $p<.001$ ) auf die initiale Analysezeit aus. Die initialen Verarbeitungszeiten in der schwierigeren Bewegungsbedingung sind ca. 160ms länger als bei der leichteren Bewegung mit dem kleinen Cursor (vgl. Abb.

4.4.2). Ein Anstieg der Stimuluskomplexität führt zu längeren Analysezeiten im Pseudo-Labyrinth als im Pfad (s. Abb. 4.4.2).

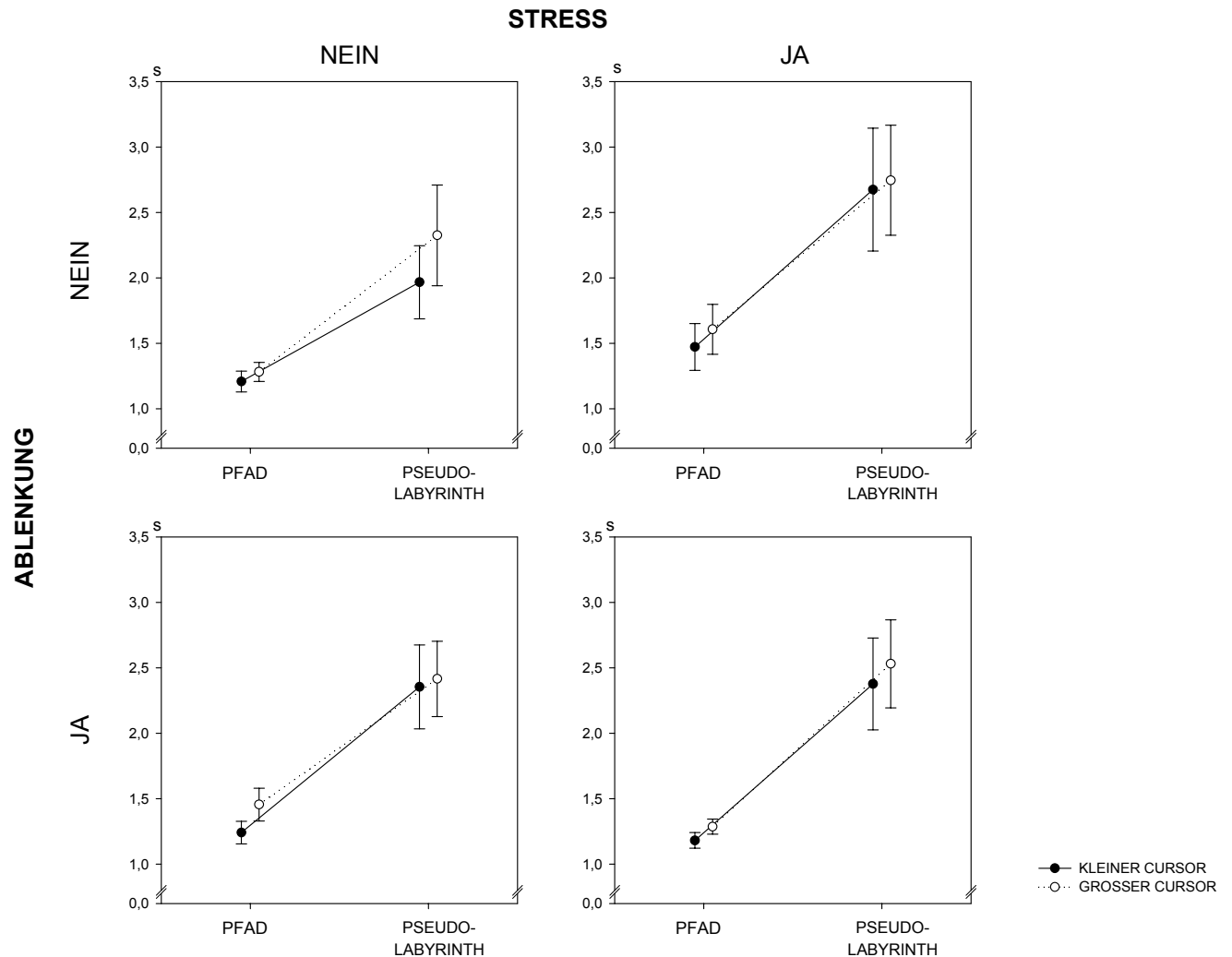


Abb. 4.4.1: Mittelwerte und Standardfehler für die Dauer der initialen Analysezeit bei der Bearbeitung von Pfad und Pseudo-Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor getrennt für die vier Probandengruppen

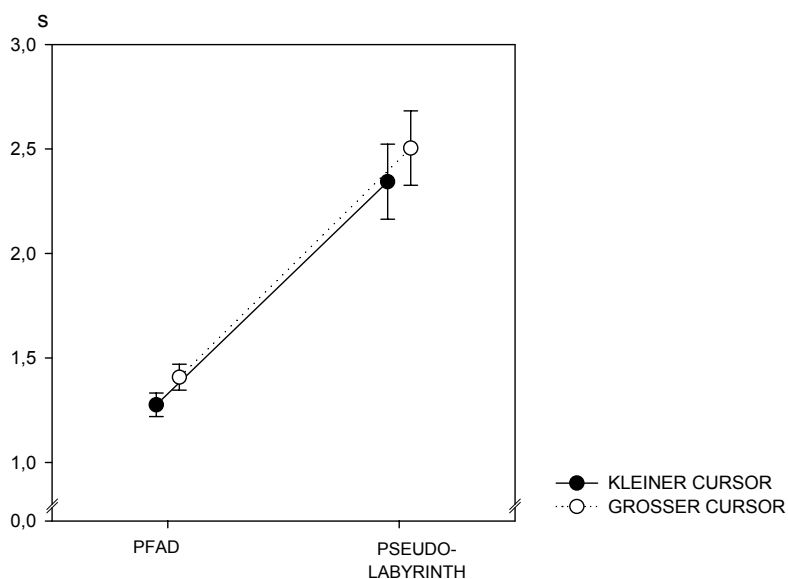


Abb. 4.4.2: Mittelwerte und Standardfehler für die Dauer der initialen Analysezeit bei der Bearbeitung von Pfad und Pseudo-Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor gemittelt über die vier Probandengruppen

Tab. 4.4.1: Ergebnisse der 2x2x2x2-varianzanalytischen Auswertung: Initiale Analysezeit

	df1	df2	F	p	
Stress	1	84	0.86	.358	
Ablenkung	1	84	0.06	.802	
Stress * Ablenkung	1	84	1.06	.307	
Cursorgrösse	1	84	8.08	.006	**
Cursorgrösse * Stress	1	84	0.34	.559	
Cursorgrösse * Ablenkung	1	84	0.07	.798	
Cursorgrösse * Stress * Ablenkung	1	84	0.26	.611	
Stimulustyp	1	84	61.57	<.0001	****
Stimulustyp * Stress	1	84	0.67	.414	
Stimulustyp * Ablenkung	1	84	0.11	.737	
Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	0.02	.877	
Cursorgrösse * Stimulustyp	1	84	0.10	.754	
Cursorgrösse * Stimulustyp * Stress	1	84	0.16	.693	
Cursorgrösse * Stimulustyp * Ablenkung	1	84	0.77	.383	
Cursorgrösse * Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	2.20	.142	

#### 4.4.1.1.2 Navigationszeit

Der Zeitbedarf für das Durchfahren der Wegsysteme vom Start- zum Zielbereich in Pfad und Pseudo-Labyrinth ist in den beiden Bewegungsschwierigkeiten für die vier Probandengruppen in Abb. 4.4.3 dargestellt.

Die Mittelwerte zeigen kürzere Verarbeitungszeiten, wenn die Probanden parallel eine Zweitaufgabe bearbeiten müssen (Haupteffekt: Ablenkung:  $F=5.76$ ,  $p=.019$ , vgl. Tab. 4.4.2). Ein Einfluss der Induktion von Stress wird in den Mittelwerten nicht erkennbar.

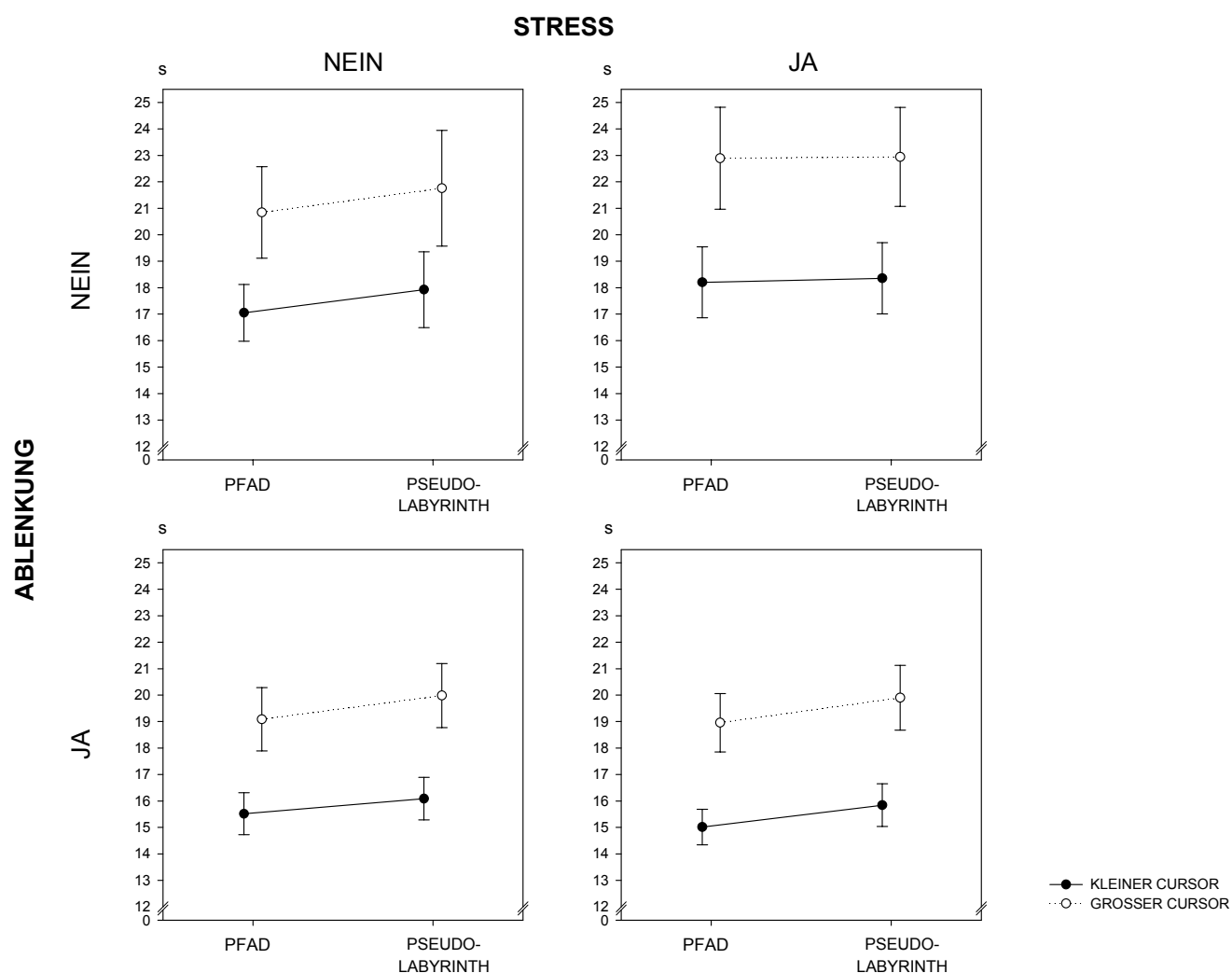


Abb. 4.4.3: Mittelwerte und Standardfehler für die Navigationszeit bei der Bearbeitung von Pfad und Pseudo-Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor getrennt für die vier Probandengruppen

Die Navigationszeit wird deutlich durch die Grösse des Cursors beeinflusst (Haupteffekt: Cursorgrösse:  $F=143.48$ ,  $p<.0001$ ). Abb. 4.4.4 zeigt, dass die Navigationszeit in der schwierigeren Bewegungsbedingung mit dem grossen Cursor deutlich länger ist als bei der leichteren Bewegung mit dem kleinen Cursor. Dieser Effekt ist nicht nur unabhängig von der Induktion von Stress und der Präsentation einer Zweitaufgabe, sondern wird auch nicht durch den Typ des zu bearbeitenden Stimulus modifiziert.

Der Anstieg in der Komplexität des Stimulus von Pfad auf Pseudo-Labyrinth führt unabhängig von der Bewegungsschwierigkeit zu einer Zunahme der für das Navigieren benötigten Zeit (Haupteffekt: Stimulustyp  $F=16.43$ ,  $p<.001$ ).

Die Einflüsse von Bewegungsschwierigkeit und Stimuluskomplexität werden durch Stress und Einführung einer Zweitaufgabe nicht moduliert.

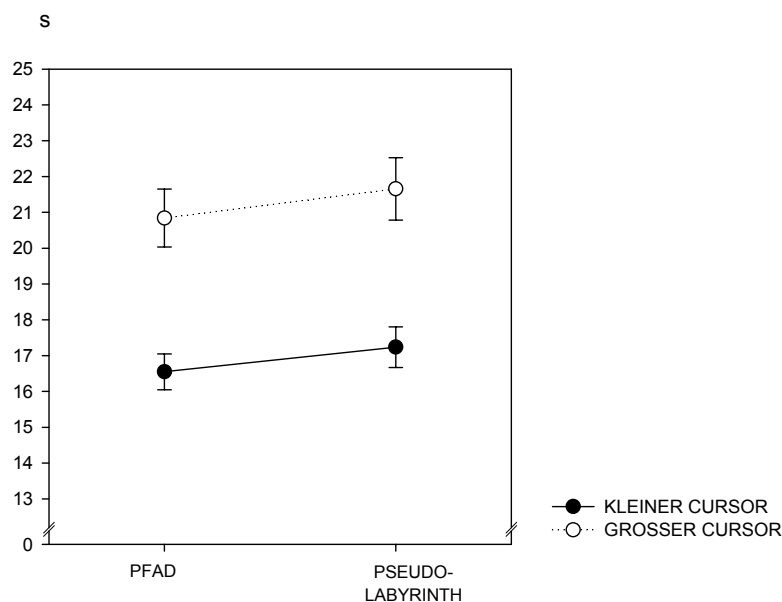


Abb. 4.4.4: Mittelwerte und Standardfehler für die Navigationszeit bei der Bearbeitung von Pfad und Pseudo-Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor gemittelt über die vier Probandengruppen



Tab. 4.4.2: Ergebnisse der 2x2x2x2-varianzanalytischen Auswertung: Navigationszeit

	df1	df2	F	P	
Stress	1	84	0.59	.445	
Ablenkung	1	84	5.76	.019	*
Stress * Ablenkung	1	84	0.04	.846	
Cursorgrösse	1	84	143.48	<.0001	****
Cursorgrösse * Stress	1	84	0.91	.344	
Cursorgrösse * Ablenkung	1	84	1.19	.278	
Cursorgrösse * Stress * Ablenkung	1	84	0.00	.987	
Stimulustyp	1	84	16.43	<.001	***
Stimulustyp * Stress	1	84	0.48	.490	
Stimulustyp * Ablenkung	1	84	<0.01	.971	
Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	0.72	.400	
Cursorgrösse * Stimulustyp	1	84	0.34	.560	
Cursorgrösse * Stimulustyp * Stress	1	84	<0.01	.953	
Cursorgrösse * Stimulustyp * Ablenkung	1	84	0.07	.794	
Cursorgrösse * Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	0.57	.451	

#### 4.4.1.2 Präzision der Bewegung

Mittelwerte und Standardfehler der Dauer von laut Instruktion zu vermeidenden Kontakten zwischen Cursor und Begrenzung (Wand) des Weges finden sich in Tab. 4.4.3 und in Abb. 4.4.5. Bewegungen mit dem grossen Cursor führen zu einer höheren Dauer von Wandberührungen (Haupteffekt: Cursorgrösse:  $F=37.45$   $p<.0001$ , s. auch Abb. 4.4.6). Bei der Bearbeitung eines Pseudo-Labyrinths steigt im Vergleich zur Pfadbedingung die Dauer von Wandkontakten (Haupteffekt: Stimulustyp:  $F=10.26$ ,  $p=.002$ , s. Abb. 4.4.6). Die Auswirkungen von Bewegungsschwierigkeit und Art des zu bearbeitenden Stimulus beeinflussen sich abhängig von der Bearbeitung einer Zweitaufgabe (Interaktion: Ablenkung x Cursorgrösse x Stimulustyp:  $F=9.97$ ,  $p=.002$ ). Eine getrennte Analyse der Probanden ohne und mit Zweitaufgabe zeigt (2x2-faktorielle ANOVA (Cursorgrösse x Stimulustyp) getrennt für die 44 Probanden mit bzw. ohne Zweitaufgabe), dass nur unter der Bearbeitung einer Zweitaufgabe die Auswirkungen der Variation der Bewegungsschwierigkeit abhängig von der Art des zu bearbeitenden Stimulus sind.

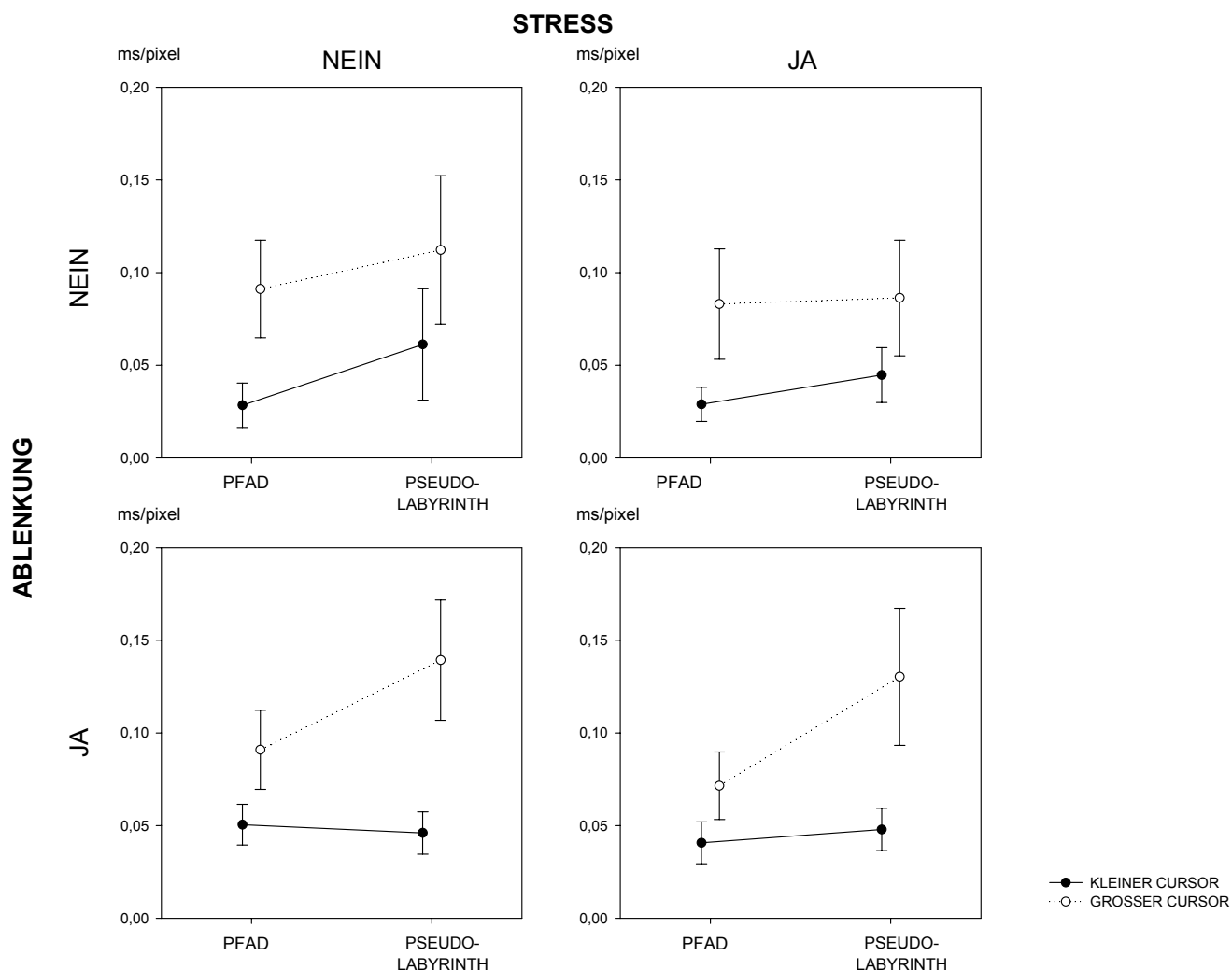


Abb. 4.4.5: Mittelwerte und Standardfehler für die Dauer von Wandkontakten bei der Bearbeitung von Pfad und Pseudo-Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor getrennt für die vier Probandengruppen

In Abb. 4.4.7 wird erkennbar, dass ohne die zusätzliche Bearbeitung einer Zweitaufgabe die Wandberührungen bei Nutzung des grossen Cursors im Vergleich zum kleinen Cursor steigen. Dieser Effekt lässt sich sowohl für die Bearbeitung des Pfades wie auch für die des Pseudo-Labyrinthes beobachten (2x2-ANOVA für die Probanden ohne Zweitaufgabe: Haupteffekt: Cursorgrösse  $F(1,43)=15.87$ ,  $p=.0003$ , Haupteffekt: Stimulustyp  $F(1,43)=2.73$ ,  $p=.106$ , Interaktion: Cursorgrösse x Stimulustyp:  $F(1,43)=1.23$ ,  $p=.274$ ). Bearbeiten die Probanden dagegen zusätzlich eine Zweitaufgabe, steigen die Wandberührungen unter der schwierigen Bewegungsbedingung bei Bearbeitung des Pseudo-Labyrinthes deutlich stärker als bei der Bearbeitung des Pfad-Stimulus. (2x2-ANOVA für die Probanden mit Zweitaufgabe: Haupteffekt: Cursorgrösse  $F(1,43)=22.71$ ,

$p < .0001$ , Haupteffekt: Stimulustyp  $F(1.43)=9.50$ ,  $p=.004$ , Interaktion: Cursorgrösse x Stimulustyp:  $F(1.43)=9.52$ ,  $p=.004$ ).

Ein Einfluss von Stress auf die Bearbeitung lässt sich nicht nachweisen.

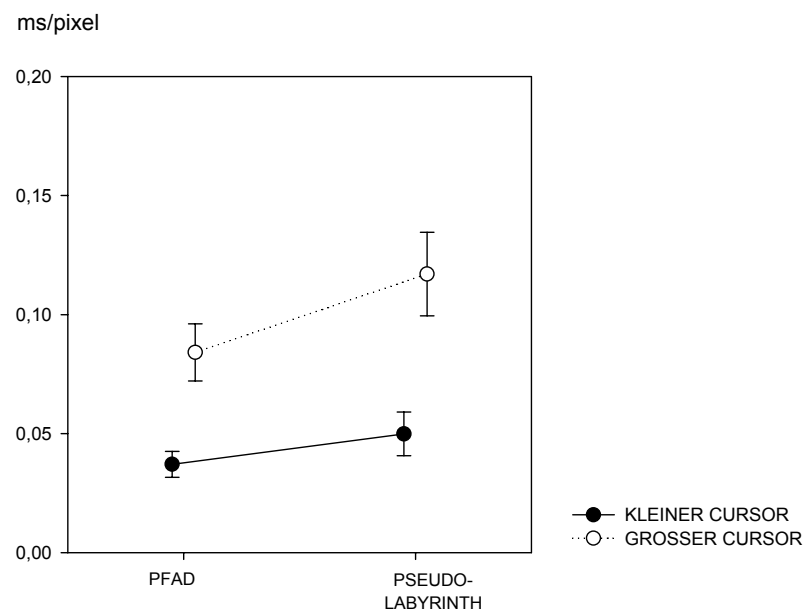


Abb. 4.4.6: Mittelwerte und Standardfehler für die Dauer von Wandkontakten bei der Bearbeitung von Pfad und Pseudo-Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor zusammengefasst über die vier Probandengruppen

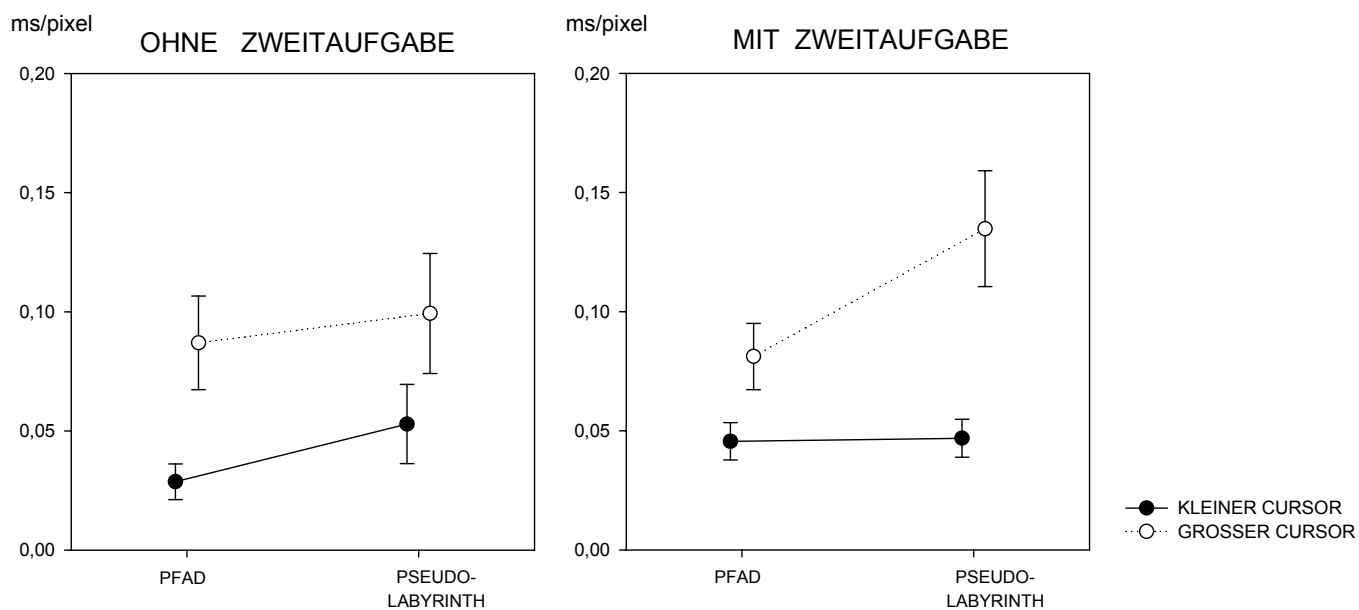


Abb. 4.4.7: Mittelwerte und Standardfehler für die Dauer von Wandkontakten bei der Bearbeitung von Pfad und Pseudo-Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor zusammengefasst über die zwei Stufen der Stressbedingung

Tab. 4.4.3: Ergebnisse der 2x2x2x2-varianzanalytischen Auswertung: Wandkontakte

	df1	df2	F	p	
Stress	1	84	0.28	.597	
Ablenkung	1	84	0.25	.619	
Stress * Ablenkung	1	84	0.01	.934	
Cursorgrösse	1	84	37.45	<.0001	****
Cursorgrösse * Stress	1	84	0.27	.607	
Cursorgrösse * Ablenkung	1	84	0.25	.616	
Cursorgrösse * Stress * Ablenkung	1	84	<0.01	.974	
Stimulustyp	1	84	10.26	.002	**
Stimulustyp * Stress	1	84	0.05	.825	
Stimulustyp * Ablenkung	1	84	0.42	.521	
Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	0.99	.322	
Cursorgrösse * Stimulustyp	1	84	3.91	.051	(*)
Cursorgrösse * Stimulustyp * Stress	1	84	<0.01	.956	
Cursorgrösse * Stimulustyp * Ablenkung	1	84	9.97	.002	**
Cursorgrösse * Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	<0.01	.986	

## 4.4.2 Vergleich 2: Existenz von Entscheidungspunkten und Bewegungsschwierigkeit

### 4.4.2.1 Zeitbedarf der Aufgabenlösung

#### 4.4.2.1.1 Initiale Analysezeit

Die Dauer der initialen Analysezeit bei der Bearbeitung von Pseudo-Labyrinth und Labyrinth in den beiden Bewegungsschwierigkeiten ist für die vier Probandengruppen in Abb. 4.4.8 dargestellt.

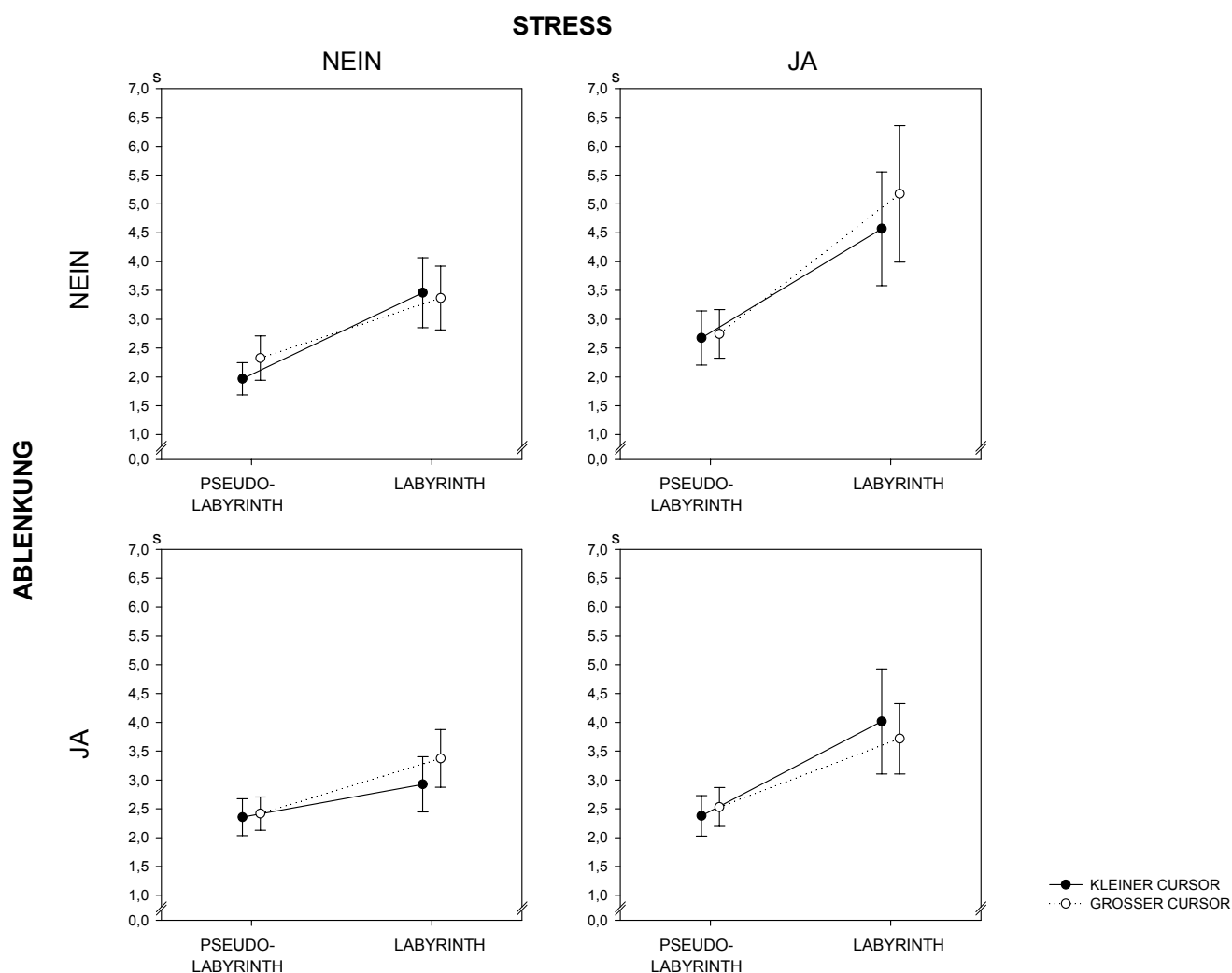


Abb. 4.4.8: Mittelwerte und Standardfehler für die Dauer der initialen Analysezeit bei der Bearbeitung der zwei Stimulustypen mit kleinem und grossem Cursor getrennt für die vier Probandengruppen

Der Typ des Stimulus nimmt einen deutlichen Einfluss auf die initiale Analysezeit (Haupteffekt: Stimulustyp:  $F=37.33$ ,  $p<.0001$ ): Bei Einführung von Entscheidungspunkten in Form von Wegalternativen im Labyrinthstimulus analysieren die Probanden den Reiz länger als bei Darbietung eines Pseudo-Labyrinthes (vgl. Abb. 4.4.9). Tendenziell zeigt sich eine Abhängigkeit dieses Effektes von der Induktion von Stress (Interaktion Stress x Stimulustyp:  $F=2.82$ ,  $p=.097$ ). Unter Stress analysieren die Probanden einen Labyrinthstimulus länger als ein Pseudo-Labyrinth.

Die Grösse des Cursors nimmt keinen generellen Einfluss auf die initiale Verarbeitungszeit (Haupteffekt: Cursorgrösse:  $F=2.16$ ,  $p=.145$ ). Sie wirkt sich allerdings abhängig von den Ausprägungen der anderen drei experimentellen Faktoren aus: Statistisch lässt sich eine Interaktion zwischen allen vier experimentellen Faktoren zeigen (Interaktion: Cursorgrösse x Stimulustyp x Stress x Ablenkung:  $F=5.70$ ,  $p=.019$ ). Der Unterschied zwischen kleinem und grossen Cursor unterscheidet sich im echten Labyrinth - nicht jedoch im Pseudo-Labyrinth - abhängig von Stressinduktion und Bearbeitung einer Zweitaufgabe. Soll eine Ablenkaufgabe bearbeitet werden oder wird Stress induziert, lässt sich ein signifikanter Anstieg der initialen Analysezeit bei Bearbeitung eines Labyrinthes mit dem grossen im Vergleich zum kleinen Cursor beobachten (abhängiger t-test zwischen der Startzeit mit dem kleinen Cursor im Vergleich zum grossen Cursor bei der Bearbeitung eines Labyrinthes für die 44 Probanden, bei denen entweder Stress induziert wurde, oder eine Zweitaufgabe bearbeitet werden sollte  $t=2.06$ ,  $p=.046$ ). Wird weder Stress induziert noch eine Zweitaufgabe vorgegeben bzw. Stress gleichzeitig zur Bearbeitung einer Zweitaufgabe induziert, lässt sich kein Unterschied zwischen der Bearbeitung mit kleinem und grossen Cursor nachweisen (abhängiger t-Test  $t=0.74$ ,  $p=.461$ ).

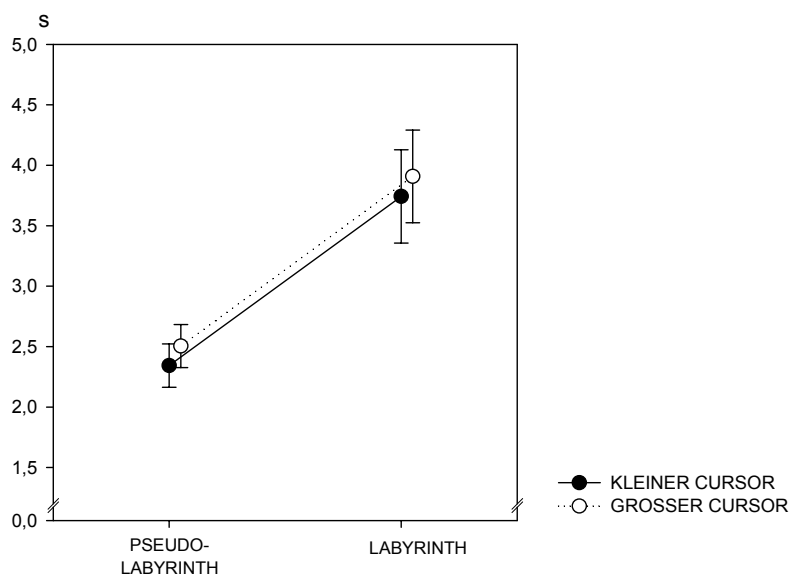


Abb. 4.4.9: Mittelwerte und Standardfehler für die Dauer der initialen Analysezeit bei der Bearbeitung der zwei Stimulustypen mit kleinem und grossem Cursor gemittelt über die vier Probandengruppen

Tab. 4.4.4: Ergebnisse der 2x2x2x2-varianzanalytischen Auswertung: Initiale Analysezeit

	df1	df2	F	p	
Stress	1	84	1.72	.193	
Ablenkung	1	84	0.36	.549	
Stress * Ablenkung	1	84	0.33	.565	
Cursorgrösse	1	84	2.16	.145	
Cursorgrösse * Stress	1	84	0.08	.783	
Cursorgrösse * Ablenkung	1	84	0.42	.517	
Cursorgrösse * Stress * Ablenkung	1	84	1.45	.233	
Stimulustyp	1	84	37.33	<.0001	****
Stimulustyp * Stress	1	84	2.82	.097	(*)
Stimulustyp * Ablenkung	1	84	1.86	.176	
Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	0.07	.789	
Cursorgrösse * Stimulustyp	1	84	<.001	.981	
Cursorgrösse * Stimulustyp * Stress	1	84	0.04	.852	
Cursorgrösse * Stimulustyp * Ablenkung	1	84	0.04	.849	
Cursorgrösse * Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	5.70	.019	*

#### 4.4.2.1.2 Navigationszeit

Der Zeitbedarf für das Durchfahren der Wegsysteme vom Start- zum Zielbereich in Pseudo-Labyrinth und Labyrinth ist in den beiden Bewegungsschwierigkeiten für die vier Probandengruppen in Abb. 4.4.10 dargestellt.

Die Mittelwerte zeigen durchgängig kürzere Verarbeitungszeiten, wenn die Probanden parallel eine Zweitaufgabe bearbeiten müssen. Statistisch lässt sich dieser Unterschied als Haupteffekt absichern (Haupteffekt: Ablenkung:  $F=5.13$ ,  $p=.026$ ).

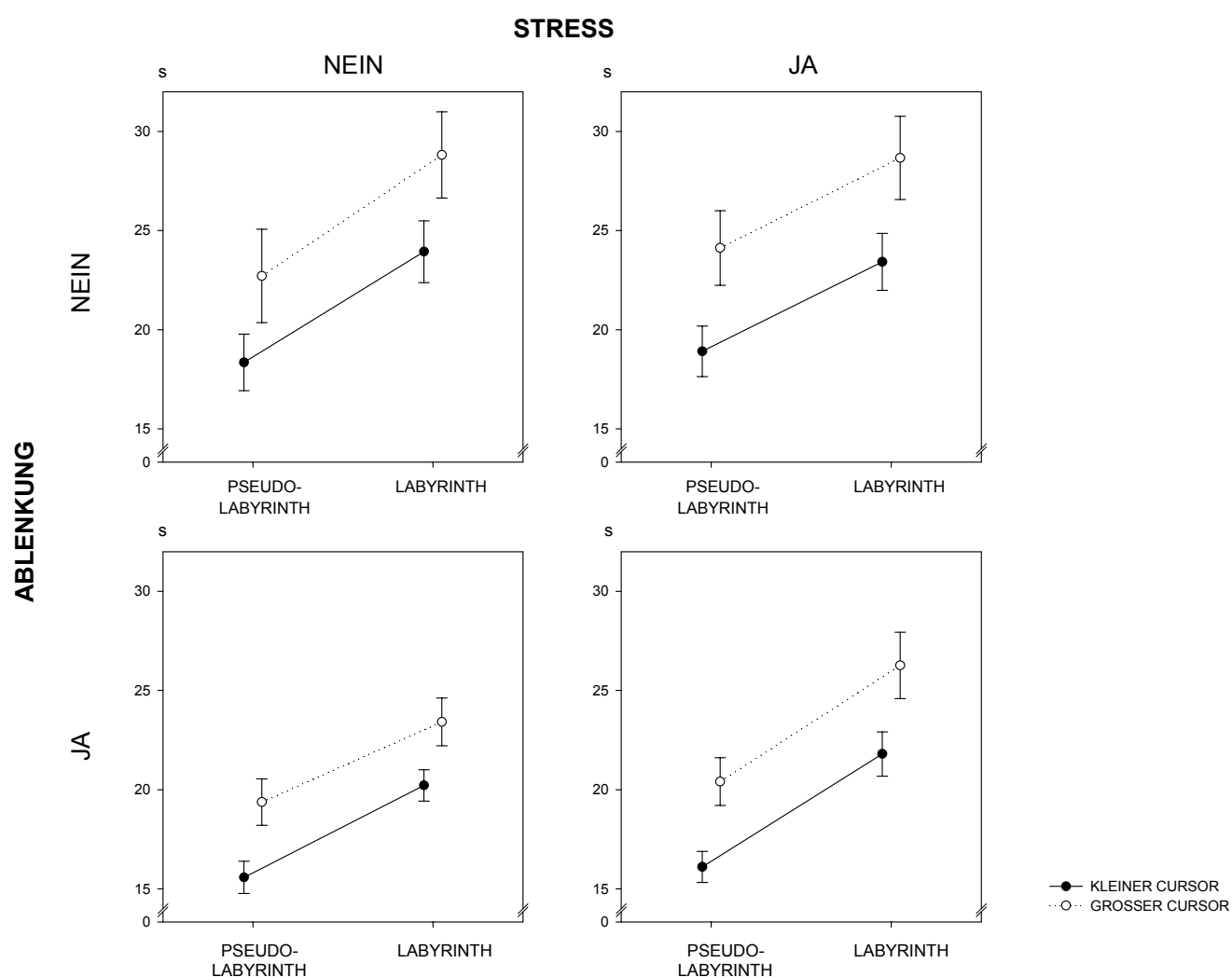


Abb. 4.4.10: Mittelwerte und Standardfehler für die Navigationszeit bei der Bearbeitung der zwei Stimulustypen mit kleinem und grossem Cursor getrennt für die vier Probandengruppen



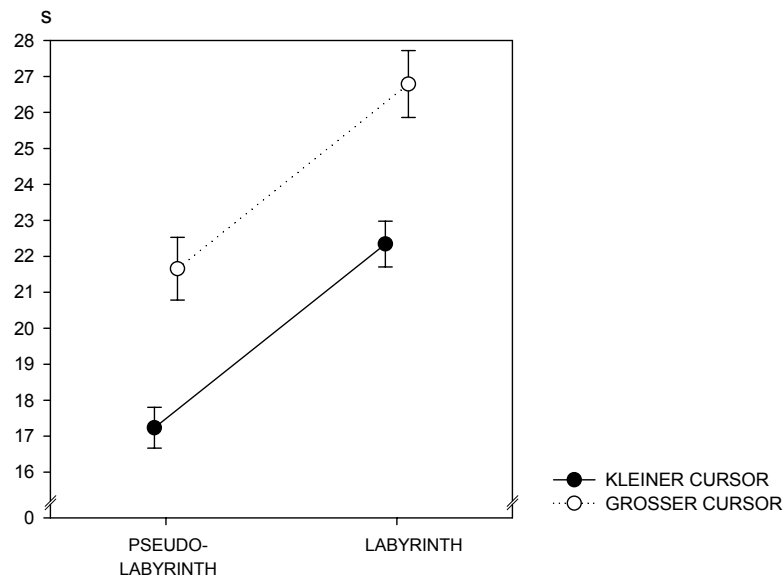


Abb. 4.4.11: Mittelwerte und Standardfehler für die Navigationszeit bei der Bearbeitung von Pseudo-Labyrinth und Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor gemittelt über die vier Probandengruppen

Die Navigationszeit wird deutlich durch die Grösse des Cursors beeinflusst (Haupteffekt: Cursorgrösse:  $F=140.79$ ,  $p<.0001$ ). Abb. 4.4.11 zeigt, dass die Navigationszeit in der schwierigeren Bewegungsbedingung mit dem grossen Cursor deutlich länger ist als bei der leichteren Bewegung mit dem kleinen Cursor. Dieser Effekt ist nicht nur unabhängig von der Induktion von Stress und der Präsentation einer Zweitaufgabe, sondern wird auch nicht durch den Typ des zu bearbeitenden Stimulus modifiziert.

Prinzipiell führt die Einführung von Entscheidungspunkten zu einer Zunahme der für das Navigieren benötigten Zeit (Haupteffekt: Stimulustyp:  $F=285.25$ ,  $p<.0001$ ).

Dieser Effekt wird jedoch durch die Induktion von Stress abhängig von der Bearbeitung einer Zweitaufgabe moduliert (Interaktion: Stress x Ablenkung x Stimulustyp:  $F=5.14$ ,  $p=.026$ ). Die Mittelwerte sind zusammengefasst über die Stufen der Bewegungsschwierigkeit in Abb. 4.4.12 dargestellt. Dabei zeigen die Probanden, die entweder sozialem Stress ausgesetzt wurden oder eine Zweitaufgabe lösen mussten, einen geringeren Anstieg im Zeitbedarf zwischen der Bearbeitung des Pseudo- und echten Labyrinths als die Probanden, die entweder weder Stress noch Ablenkung oder Stress und Ablenkung erlebten.

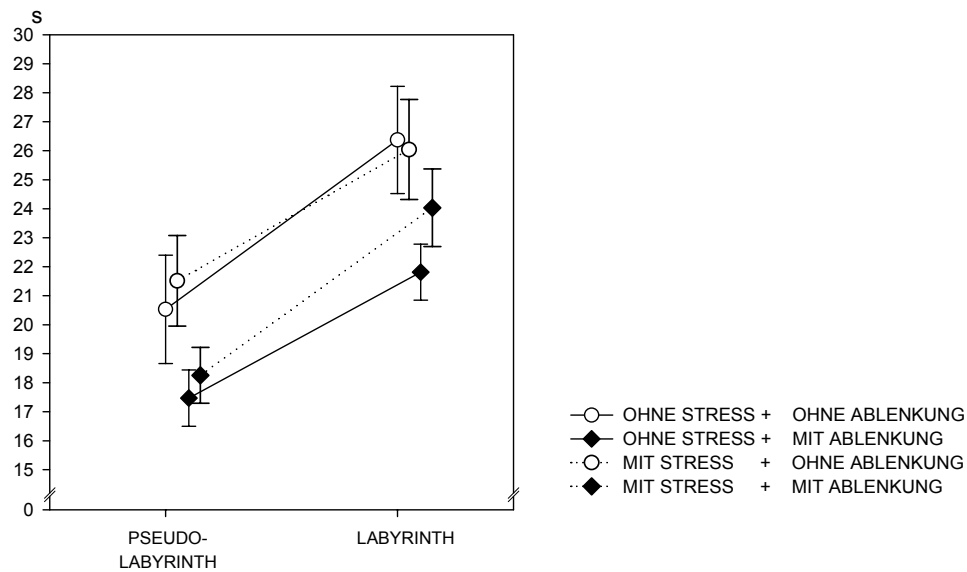


Abb. 4.4.12: Mittelwerte und Standardfehler für die Navigationszeit bei der Bearbeitung der zwei Stimulustypen getrennt für die vier Probandengruppen zusammengefasst für die beiden Cursorgrößen

Tab. 4.4.5: Ergebnisse der 2x2x2x2-varianzanalytischen Auswertung: Navigationszeit

	df1	df2	F	p	
Stress	1	84	0.41	.523	
Ablenkung	1	84	5.13	.026	*
Stress * Ablenkung	1	84	0.17	.681	
Cursorgröße	1	84	140.79	<.0001	****
Cursorgröße * Stress	1	84	1.00	.321	
Cursorgröße * Ablenkung	1	84	1.73	.192	
Cursorgröße * Stress * Ablenkung	1	84	0.03	.853	
Stimulustyp	1	84	285.25	<.0001	****
Stimulustyp * Stress	1	84	0.01	.921	
Stimulustyp * Ablenkung	1	84	0.04	.839	
Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	5.14	.026	*
Cursorgröße * Stimulustyp	1	84	0.01	.931	
Cursorgröße * Stimulustyp * Stress	1	84	0.04	.848	
Cursorgröße * Stimulustyp * Ablenkung	1	84	0.49	.485	
Cursorgröße * Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	0.80	.374	

#### 4.4.2.2 Präzision der Bewegung

Mittelwerte und Standardfehler der Dauer von Kontakten zwischen Cursor und Begrenzung des Weges sind für Pseudo-Labyrinth und Labyrinth in den beiden Bewegungsschwierigkeiten getrennt für die vier Probandengruppen in Abb. 4.4.13 dargestellt.

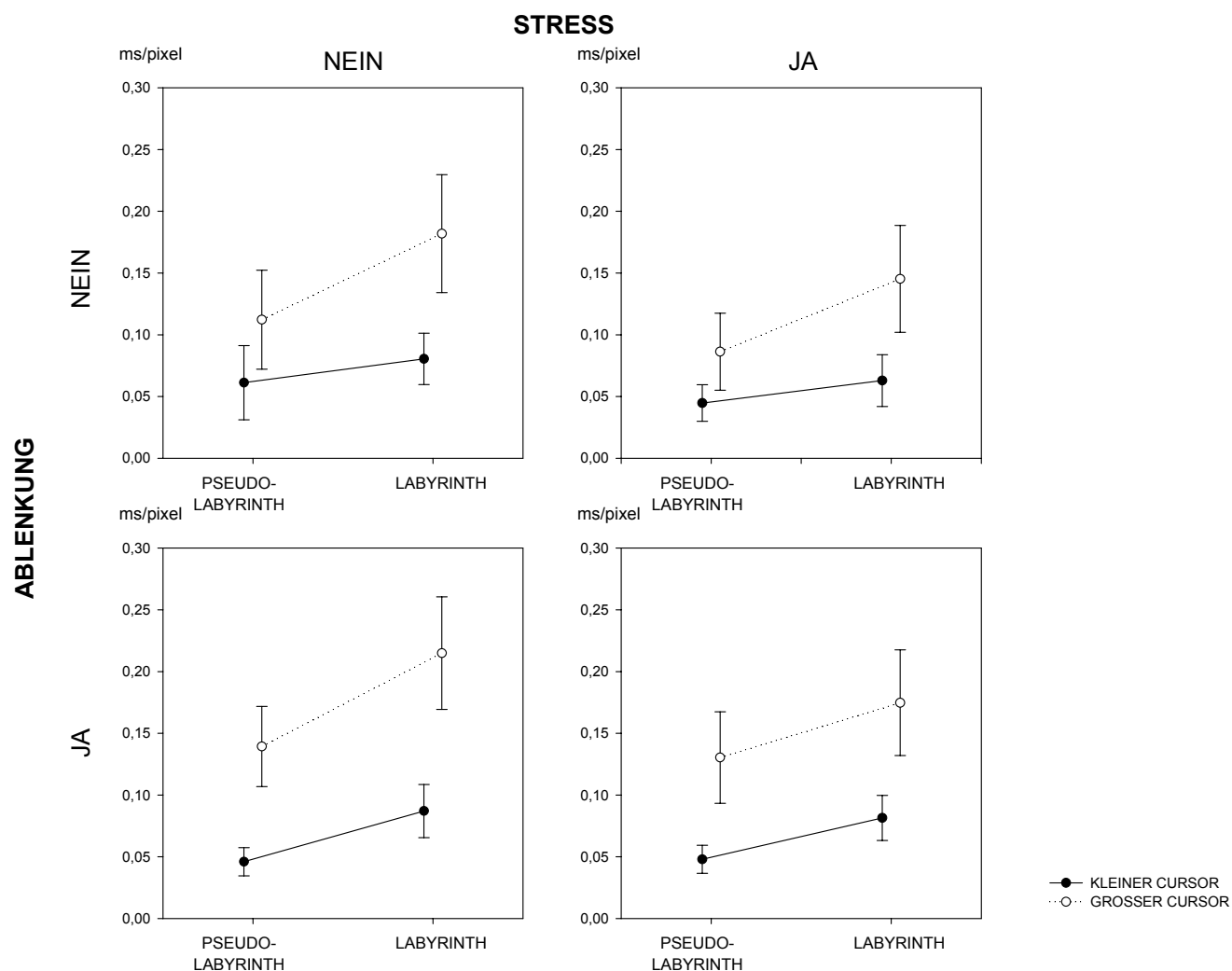


Abb. 4.4.13: Mittelwerte und Standardfehler für die Dauer von Wandkontakten bei der Bearbeitung von Pfad und Pseudo-Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor getrennt für die vier Probandengruppen

Ein Einfluss der Variation von Stress oder Zweitaufgabe lässt sich weder allgemein noch abhängig von den Charakteristika der Labyrinthaufgabe nachweisen.

Dagegen beeinflussen sowohl die Bewegungsschwierigkeit als auch die Einführung von Entscheidungspunkten die Präzision, mit der der Cursor durch das Wegsystem geleitet wird (s. Abb. 4.4.14). Bewegungen mit dem grossen Cursor führen zu einer höheren Dauer von Wandberührungen (Haupteffekt: Cursorgrösse:  $F=47.00$ ,  $p < .0001$ ). Bei der Bearbeitung eines Labyrinths steigt im Vergleich zum Pseudo-Labyrinth die Dauer von Wandkontakten (Haupteffekt: Stimulustyp:  $F=46.11$ ,  $p < .0001$ , s. Abb. 4.4.14). Dieser Effekt wird durch eine Zunahme der Bewegungsschwierigkeit verstärkt (Interaktion: Cursorgrösse x Stimulustyp:  $F=9.96$ ,  $p=.002$ ).

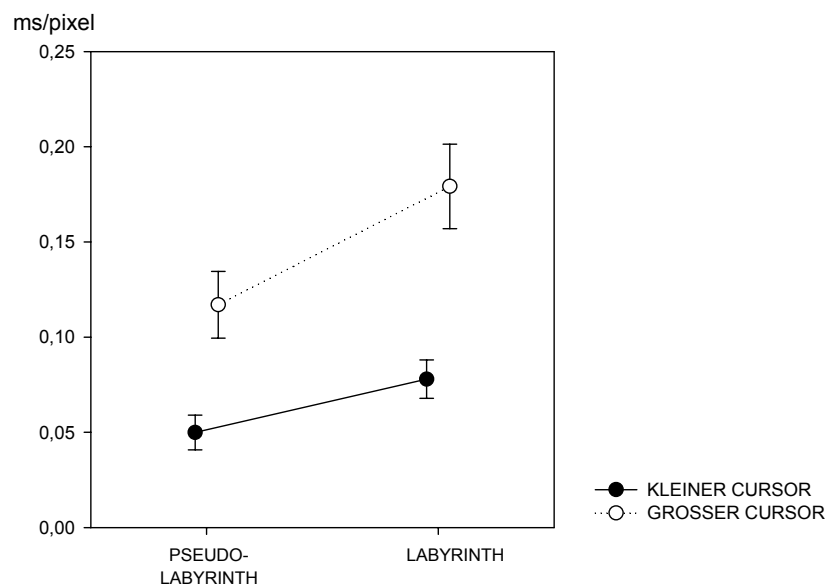


Abb. 4.4.14: Mittelwerte und Standardfehler für die Dauer von Wandkontakten bei der Bearbeitung von Pfad und Pseudo-Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor zusammengefasst über die vier Probandengruppen

Tab. 4.4.6: Ergebnisse der 2x2x2x2-varianzanalytischen Auswertung: Wandkontakte

	df1	df2	F	p	
Stress	1	84	0.45	.506	
Ablenkung	1	84	0.43	.514	
Stress * Ablenkung	1	84	0.04	.845	
Cursorgrösse	1	84	47.00	<.0001	****
Cursorgrösse * Stress	1	84	0.57	.453	
Cursorgrösse * Ablenkung	1	84	1.51	.223	
Cursorgrösse * Stress * Ablenkung	1	84	0.03	.863	
Stimulustyp	1	84	46.11	<.0001	****
Stimulustyp * Stress	1	84	0.90	.345	
Stimulustyp * Ablenkung	1	84	0.29	.591	
Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	0.25	.619	
Cursorgrösse * Stimulustyp	1	84	9.96	.002	**
Cursorgrösse * Stimulustyp * Stress	1	84	0.59	.443	
Cursorgrösse * Stimulustyp * Ablenkung	1	84	1.12	.294	
Cursorgrösse * Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	0.10	.749	

#### 4.4.2.3 Qualität der Aufgabenbearbeitung

Abb. 4.4.15 zeigt den prozentualen Anteil von Probanden, die bei der Bearbeitung der Labyrinth an mindestens einer Sackgasse eine falsche Entscheidung trafen und eine Sackgasse betraten.

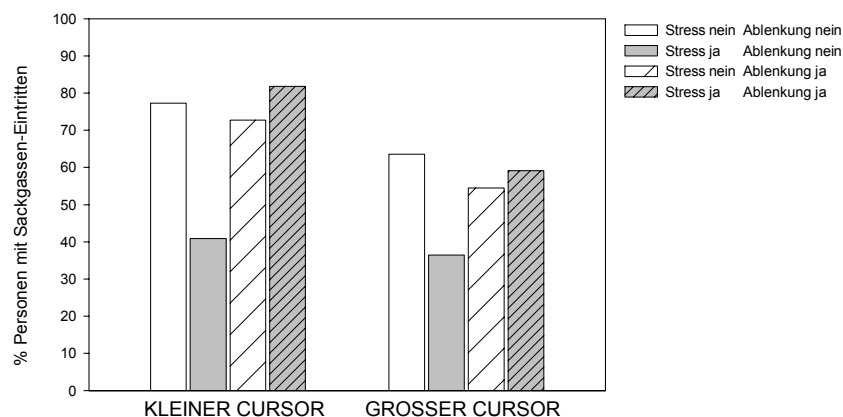


Abb. 4.4.15: Häufigkeiten von Probanden mit mindestens einmaligem Auftreten von Fehlern an Entscheidungspunkten bei der Bearbeitung von „echten“ Labyrinthen mit einem kleinen und grossem Cursor in den vier Stichproben

Vergleicht man die Häufigkeit von Probanden mit Fehlern zwischen den beiden Bewegungsschwierigkeiten, so liegen die Häufigkeiten in der schwierigen Bewegungsbedingung geringfügig unter denen in der leichten Bewegungsbedingung. Dieser Eindruck lässt sich statistisch für die Gesamtgruppe untersuchter Probanden ( $\chi^2=4.97$ ,  $p=.026$ ) absichern.

Auffallend ist der relativ geringe Anteil von Fehlern in der Gruppe der Probanden, die Stress erlebten, ohne eine Zweitaufgabe bearbeiten zu müssen. Analysiert man die Anzahl von Probanden, die entweder in der leichten oder der schwierigen Bewegungsbedingung mindestens einen Fehler machten, zeigt sich die gute Qualität der Aufgabenbearbeitung in dieser Gruppe statistisch als Interaktion zwischen den Faktoren „Stress“ und „Ablenkung“ (Interaktion:  $\chi^2=6.47$ ,  $p=.011$ ): Eine bessere Leistung lässt sich unter Stress nur dann nachweisen, wenn keine zusätzliche Zweitaufgabe zu bearbeiten ist. Weder für den Faktor „Stress“ noch für den Faktor „Ablenkung“ lässt sich eine unabhängig vom anderen auftretende Wirkung absichern (Haupteffekt: „Stress“:  $\chi^2=1.04$ ,  $p=.309$ , „Ablenkung“:  $\chi^2=2.33$ ,  $p=.127$ ).

Eine Analyse von Veränderungen zwischen den beiden Cursorbedingungen zeigt keine Effekte von Stress oder Ablenkung. Jedoch legt eine getrennte Analyse der beiden Bewegungsschwierigkeiten nahe, dass die Überlegenheit der „Stress-ohne-Zweitaufgabe“-

Gruppe vor allem auf die Bedingung mit dem kleinen Cursor zurückzuführen ist (kleiner Cursor: Interaktion:  $\chi^2 = 5.24$ ,  $p = .022$ , grosser Cursor: Interaktion:  $\chi^2 = 2.24$ ,  $p = .135$ ).

Abb. 4.4.16 zeigt die Länge des zurückgelegten Weges bei der Bearbeitung von Pseudo-Labyrinthen und Labyrinthen für die vier Probandengruppen in den zwei Bedingungen der Bewegungsschwierigkeiten.

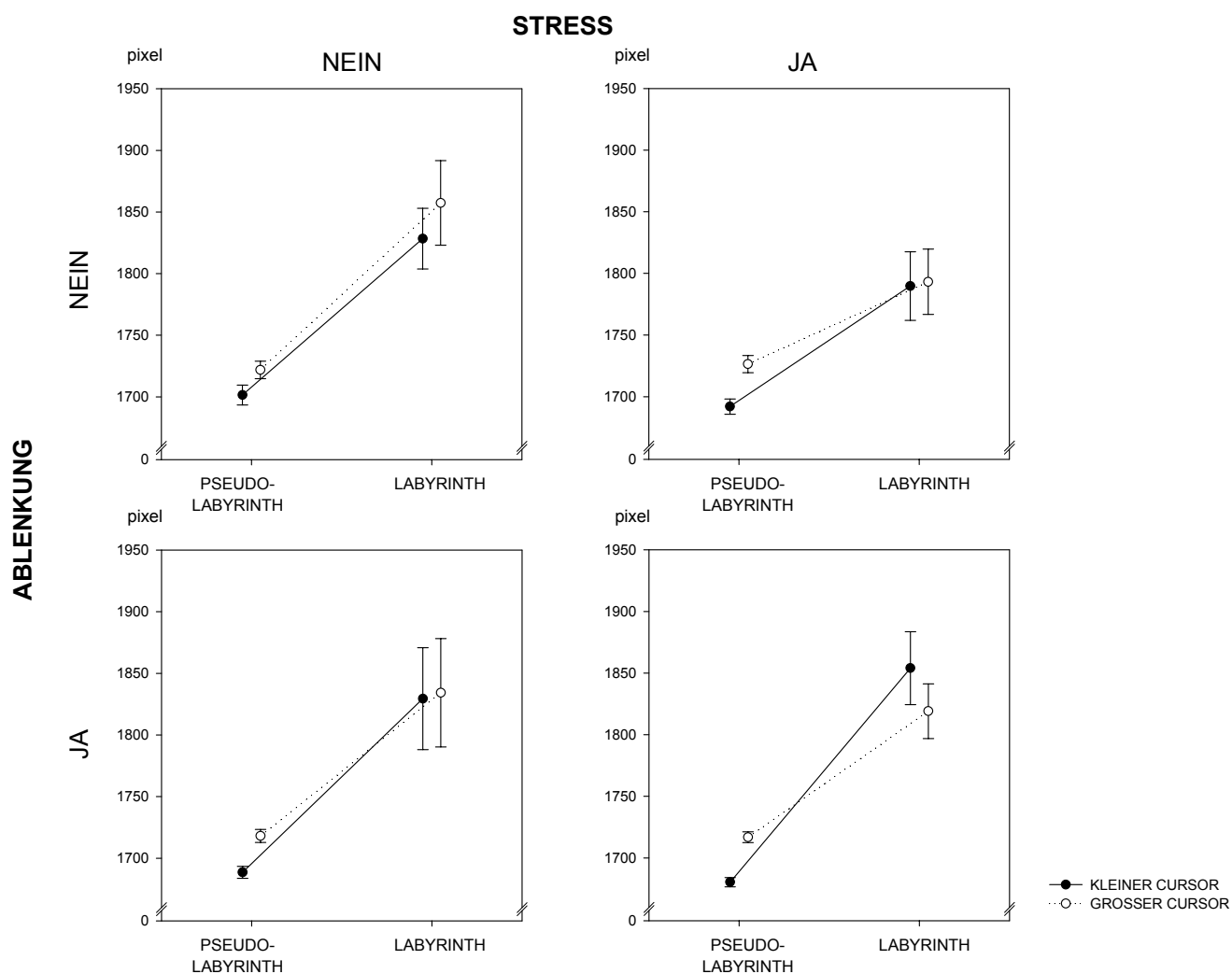


Abb. 4.4.16: Mittelwerte und Standardfehler für die Länge des Weges bei der Bearbeitung von Pseudo-Labyrinth und Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor

Statistisch lassen sich sowohl ein Effekt der Existenz von Entscheidungspunkten und der Bewegungsschwierigkeit als auch eine Interaktion zwischen diesen beiden Faktoren nachweisen (s. Tab. 4.4.7). Die Abhängigkeit des Effekts der Existenz von Entschei-

dungspunkten von der Schwierigkeit der Bewegung wird allerdings sowohl vom Faktor Stress (Interaktion: Cursorgrösse x Stimulustyp x Stress:  $F=9.21$ ,  $p=.003$ ) als auch vom Faktor Ablenkung (Interaktion: Cursorgrösse x Stimulustyp x Ablenkung:  $F=6.88$ ,  $p=.010$ ) beeinflusst.

Abb. 4.4.17 zeigt den Einfluss des Faktors Stress auf den Lösungsweg für die beiden Bewegungsschwierigkeiten in den beiden Stimulusvorlagen zusammengefasst über die Stufen des Faktors Ablenkung: Der kürzeste Weg und damit die beste Qualität der Aufgabenlösung im Labyrinth wird dann erzielt, wenn die Probanden die Aufgabe mit dem grossen Cursor unter Stress lösen.

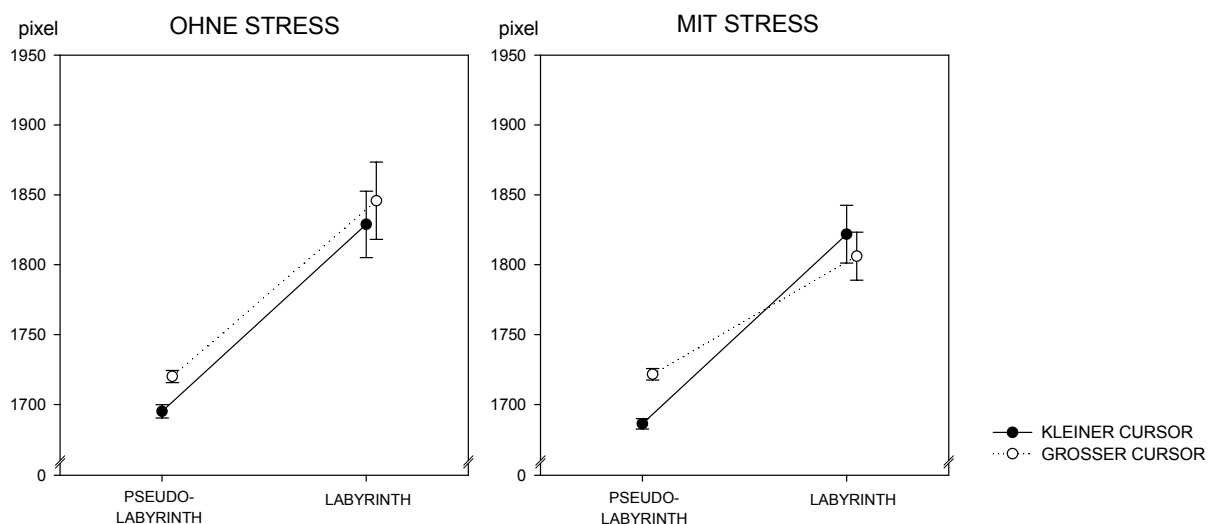


Abb. 4.4.17: Mittelwerte und Standardfehler für die Länge des Weges bei der Bearbeitung von Pseudo-Labyrinth und Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor mit und ohne Stress zusammengefasst über den Faktor Ablenkung

Abb. 4.4.18 zeigt den Einfluss des Faktors Ablenkung auf den Lösungsweg für die beiden Bewegungsschwierigkeiten in den beiden Stimulusvorlagen zusammengefasst über die Stufen des Faktors Stress: Der längste Weg und damit die schlechteste Qualität der Aufgabenlösung im Labyrinth wird dann erzielt, wenn die Probanden die Aufgabe mit dem kleinen Cursor zusätzlich mit einer Zweitaufgabe bearbeiten müssen.



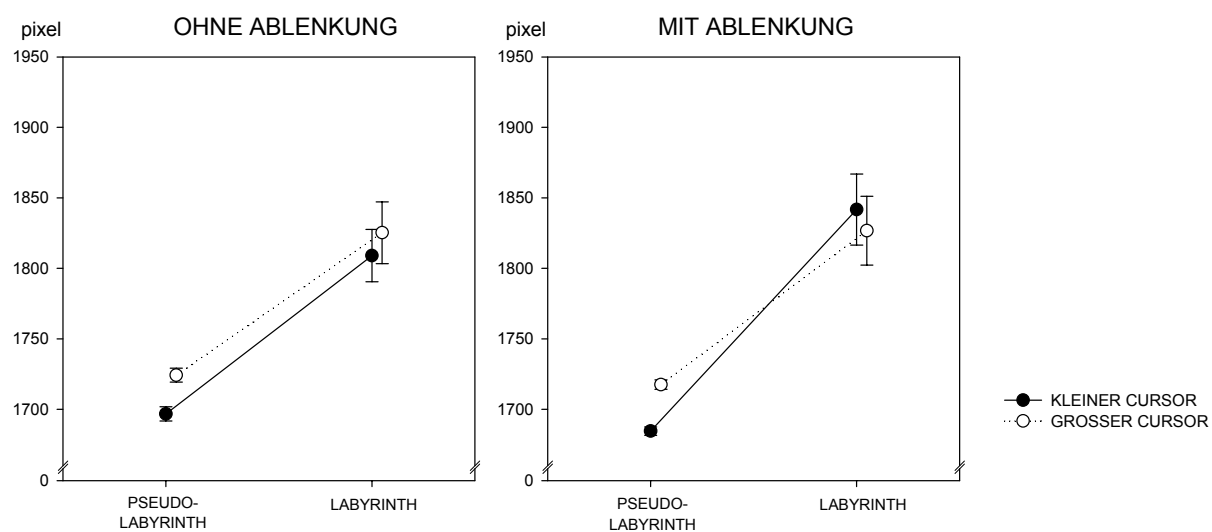


Abb. 4.4.18: Mittelwerte und Standardfehler für die Länge des Weges bei der Bearbeitung von Pseudo-Labyrinth und Labyrinth mit kleinem und grossem Cursor mit und ohne Zweitaufgabe zusammengefasst über den Faktor Stress

Tab. 4.4.7: Ergebnisse der 2x2x2-varianzanalytischen Auswertung: Länge des Weges

	df1	df2	F	p	
Stress	1	84	0.32	.572	
Ablenkung	1	84	0.90	.346	
Stress * Ablenkung	1	84	0.22	.638	
Cursorgrösse	1	84	178.58	<.0001	****
Cursorgrösse * Stress	1	84	0.29	.593	
Cursorgrösse * Ablenkung	1	84	0.02	.878	
Cursorgrösse * Stress * Ablenkung	1	84	1.15	.287	
Stimulustyp	1	84	195.74	<.0001	****
Stimulustyp * Stress	1	84	0.02	.892	
Stimulustyp * Ablenkung	1	84	2.79	.099	(*)
Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	3.40	.069	
Cursorgrösse * Stimulustyp	1	84	20.47	<.0001	****
Cursorgrösse * Stimulustyp * Stress	1	84	9.21	.003	**
Cursorgrösse * Stimulustyp * Ablenkung	1	84	6.88	.010	*
Cursorgrösse * Stimulustyp * Stress * Ablenkung	1	84	2.13	.148	

## 5. Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war zu untersuchen, ob bei gesunden Personen die Bearbeitung von unbekannten zweidimensionalen Labyrinthen durch die Induktion von sozialem Stress und die Reduktion von Aufmerksamkeitsressourcen (durch die Einführung einer parallel zu bearbeitenden Zweitaufgabe) beeinflusst wird. Dabei interessierte, inwieweit mögliche Effekte einerseits von Eigenschaften des Labyrinthstimulus (Komplexität des Reizes und Existenz von Entscheidungspunkten) und andererseits von der Schwierigkeit der geforderten Bewegungen abhängen.

In der vorliegenden Studie zeigen die Ergebnisse, dass Stress und Ablenkung unabhängig voneinander die subjektive Bewertung der Situation beeinflussen.

Aus der Literatur ist bekannt, dass Stress die Prozesse des Problemlösens, der Urteilsbildung und der Entscheidungsfindung beeinflussen kann (Janis 1982). Easterbrook (1959), aber auch Broadbent (1971) und Kahneman (1973), wiesen darauf hin, dass die Einführung von Stress, die ein erhöhtes Aktivierungsniveau nach sich zieht, durch Vernachlässigung irrelevanter Hinweisreize die Aufgabenlösung beeinflusst.

Die Induktion von sozialem Stress durch eine Alibigeschichte und die beobachtende Präsenz einer Videokamera führte bei den Probanden zu einer Einschätzung der Untersuchungssituation als weniger positiv, und sie erlebten einen höheren Grad an Erregtheit. Die eingesetzte Methode zur Erzeugung von sozialem Stress hat sich damit als geeignet erwiesen, die Befindlichkeit im Sinne stressassoziierter Gefühle zu beeinflussen. Diese Beeinflussung ist allerdings nur auf subjektiver Ebene nachweisbar, in der objektiven Erhebung mittels elektrodermalen Aktivität kommt der Einfluss von Stress nicht zum Tragen. Das könnte begründet liegen in der Vielzahl experimentell kaum zu kontrollierender Einflussfaktoren, die sich auf die Erfassung niederschlagen. So ist die EDA-Messung immer auch abhängig vom Feuchtigkeitszustand der Haut, der individuellen Reagibilität, aber auch von äußeren Faktoren, wie zum Beispiel der akustischen Rückmeldung von Wandberührungen im Labyrinth oder der Präsentation akustischer Hinweisreize.

In der Literatur ist beschrieben (z.B. Reinvang 1999, Schreiber et al. 1998), dass die Einführung einer zweiten, parallel zur eigentlichen Aufgabe zu bearbeitenden Zählaufgabe geeignet ist, Daueraufmerksamkeit zu absorbieren. Wurde in der vorliegenden Studie von den Probanden die simultane Bearbeitung einer Zweitaufgabe gefordert, führte dies zu einer Bewertung der Situation als belastender. Die Probanden schätzten ihre subjektive Befindlichkeit nach der Untersuchung als allgemein desaktivierter ein als die Probanden, die keine Zweitaufgabe bearbeiten mussten.

Damit erscheint die Methode, eine ablenkende Aufgabe zur Absorption von Daueraufmerksamkeit zu generieren, in der rückwirkenden Betrachtung geeignet. Ein Effekt auf die Befindlichkeit ist nachgewiesen. Dabei waren die Probanden unabhängig von der Stressbedingung in der Lage, eine hohe Güte in der Lösung in der Zählaufgabe zu erbringen. Die beiden Gruppen, die eine Zweitaufgabe mit und ohne Stress bearbeiteten, waren folglich in der Leistung in der Ablenkaufgabe vergleichbar.

Kamen Stress- und Ablenkbedingung zusammen, ließen sich keine statistisch signifikanten Interaktionen nachweisen. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die beiden experimentellen Variablen auf unterschiedliche, das Erleben der Probanden beeinflussende, Dimensionen zugreifen.

Die Ängstlichkeit der Probanden wurde weder durch die Induktion von Stress noch die zusätzlich zu bearbeitende Zweitaufgabe beeinflusst. Damit konnten Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich des aus der Literatur bekannten, das Lösungsverhalten im Labyrinth beeinflussenden Faktors Angst (Farber und Spence 1953, Cotler und Palmer 1970, Palermo et al. 1956) ausgeschlossen werden.

Dagegen ließ sich eine durch die Untersuchung bedingte unspezifische Veränderung in den Dimensionen der Befindlichkeit in den Bereichen „leistungsbezogene Aktiviertheit“, „allgemeine Desaktiviertheit“ und „Introversion“ beobachten, unabhängig davon, ob Ablenkung oder Stress gegeben wurden. Nach der Untersuchung schätzten sich die Probanden als weniger leistungsbezogen aktiviert und allgemein desaktivierter ein. Sie gaben ein vermindertes Maß an allgemeinem Wohlbefinden und eine stärkere Introvertiertheit an.

Die Untersuchung stellte an die Probanden die Forderung, für sie unbekannte zweidimensionale Labyrinthaufgaben zu bearbeiten.

Die Bearbeitung unbekannter Labyrinthe erfordert in hohem Maße die Koordinierung verschiedener kognitiver Teilprozesse. Die Ergebnisse einer eher stimulusbezogenen Verarbeitung durch Prozesse der Reizanalyse müssen dabei kontinuierlich in Bewegungen umgesetzt werden, bis das Labyrinth von der Start- bis zur Zielregion durchfahren wurde. Die Existenz von Wegverzweigungen macht zusätzlich die Auswahl einer von zwei Responsealternativen und die Umsetzung des Verarbeitungsergebnisses in eine motorische Handlung notwendig. Dabei beanspruchen vermutlich sowohl die Prozesse der (Reiz-) Analyse eines unbekannten Labyrinths als auch die Vorbereitung und Exekution der Bewegung Aufmerksamkeitsressourcen. Aus Untersuchungen von gesunden Kontrollprobanden ist bekannt, dass sich diese beiden Prozesse unabhängig voneinander auf den Zeitbedarf der Verarbeitung auswirken, also zumindest teilweise simultan ablaufen müssen (Lis 2000).

Auch in der vorliegenden Untersuchung liessen sich deutliche Effekte der Variation der Bewegungsschwierigkeit und der Stimulusmerkmale auf das Verhalten bei der Aufgabenlösung nachweisen. Ein Anstieg der Bewegungsschwierigkeit führte zu einer Zunahme des Zeitbedarfes und einem Absinken der Bewegungspräzision. Eine Manipulation der Stimulusmerkmale führte sowohl bei der Einführung eines komplexeren Weghintergrundes wie auch bei Einführung von Wegverzweigungen mit Handlungsalternativen zu einem Anstieg des Zeitbedarfes und einem Absinken der Präzision der Bewegung. Für den Zeitbedarf der Verarbeitung liessen sich die Befunde früherer Untersuchungen replizieren: Beide experimentellen Variablen beeinflussten das Verhalten unabhängig voneinander. In Bewegungspräzision und Qualität der Aufgabenbearbeitung zeigte sich der Effekt der Bewegungsschwierigkeit als abhängig von der Art des präsentierten Stimulus. Vor allem die Einführung von Handlungsalternativen führte in der schwierigen Bewegungsbedingung zu einer deutlicheren Verschlechterung der Leistung. Eine Erklärung für diesen von früheren Ergebnissen abweichenden Befund könnte ein Stichprobeneffekt sein, der auf verschiedenen Ausprägungen von Persönlichkeitsmerkmalen in den verwendeten Probandengruppen beruht. Ein Geschlechtsunterschied kann

diesbezüglich ausgeschlossen werden. In der vorliegenden Studie wurden zwar nur Männer der Untersuchung zugeführt, aber auch in der Stichprobe von Lis, die eine vergleichbare Stichprobengröße von Männern und Frauen einschloss, waren keine Interaktionen, die auf eine Geschlechtszugehörigkeit zurückzuführen wären, nachweisbar.

Möglicherweise unterscheiden sich die Stichproben in Persönlichkeitsmerkmalen wie z.B. Impulsivität, Ängstlichkeit oder Intro-/Extroversion. Die Möglichkeit einer retrospektiven Aufarbeitung ist jedoch nicht möglich, da in der vorausgegangenen Untersuchung keine Merkmale der Persönlichkeitsstruktur der Probanden erhoben wurden.

Die Bearbeitung von für die Probanden unbekannten Labyrinthen ist vermutlich nicht allein auf der Basis von automatisch initiierten Handlungssequenzen möglich. Stattdessen ist eine Auswahl und Koordination der verschiedenen beteiligten kognitiven Prozesse im Modus der kontrollierten Verarbeitung (Ivry 1996) notwendig. Kontrollierte Verarbeitung hat einen hohen Kapazitätsbedarf (Allport 1980) und kann mit anderen Verarbeitungsprozessen interferieren. Auch die Prozesse unbekannter Bewegungsabläufe, wie sie beim Durchfahren der Stimuli verlangt werden, laufen vermutlich im Modus der kontrollierten Verarbeitung ab und beanspruchen Aufmerksamkeitsprozesse (Shiffrin & Schneider 1977, Wallesch et al. 1990).

Der Methode der additiven Faktoren von Sternberg (1969) folgend, muss hier davon ausgegangen werden, dass stimulusseitige und responsebezogene Verarbeitung - zumindest bei der Bearbeitung der echten Labyrinth - auf einen gemeinsamen kognitiven Teilprozess oder eine gemeinsame Ressource zugreifen. Es ist zu vermuten, dass es sich bei dieser Ressource um kapazitätsbegrenzte Aufmerksamkeitsprozesse handelt.

Eine Grundannahme der vorliegenden Untersuchung war, dass die Verhaltensdaten der chronisch an Schizophrenie erkrankten Patienten in den Labyrinthuntersuchungen Ausdruck einer eingeschränkten Verfügbarkeit von Aufmerksamkeitsressourcen seien (Green 1998, Gourvitch & Goldberg 1997). Dieser Annahme folgend, sollte durch Einführung einer Daueraufmerksamkeit beanspruchenden, simultan zu bearbeitenden Zweitaufgabe der Pool verfügbarer Aufmerksamkeitsressourcen weiter reduziert werden. Es wurde erwartet, dass dies zu einer Überlastung der Kontrollkapazität führt und

die stimulus- und responsebezogenen Prozesse in der varianzanalytischen Auswertung statistisch signifikante Interaktionen unter der Ablenkbedingung zeigen würden.

In der Synopsis der Befunde zeigen sich deutliche Effekte der Ablenkung durch eine Zweitaufgabe auf die Navigationszeit: Entgegen der postulierten Annahme verkürzt jedoch die reine Notwendigkeit, simultan zum Durchfahren des Stimulus eine Zählaufgabe zu bearbeiten, signifikant den Zeitbedarf der Cursorbewegung von der Start- zur Zielregion.

In einer ebenfalls mit Labyrinthaufgaben durchgeführten Untersuchung von Hanisch (2005) an gesunden Personen fand sich gleichwohl bei Erhöhung der Bearbeitungsschwierigkeit eine Leistungsverbesserung. Die Einführung eines komplexen Hintergrundes, vor dem der zu durchzufahrende Weg abgebildet war, sollte hier als Distraktor fungieren und zu einer Verschlechterung der Leistung führen. Auch hier zeigte sich jedoch entgegen der Hypothese eine Verkürzung der Verarbeitungszeit im Vergleich zu einem weniger komplexen Stimulushintergrund.

Ein Erklärungsmodell bietet hier die „Theorie der reaktiven Anspannungssteigerung“ (Düker 1963). In der Untersuchung von Düker sollten verschiedene Gruppen von Versuchspersonen fortlaufend Rechenaufgaben lösen, erschwert durch die Einnahme unterschiedlicher Mengen von Alkohol und Schlafmitteln. Wurden bei hohen Dosierungen deutliche Leistungseinbußen beobachtet, zeigten sich bei Einnahme mittleren Dosierungen teilweise Verbesserungen. Die Ergebnisse wurden dahingehend interpretiert, dass bei mittlerer Belastung eine reaktive Anspannungssteigerung erfolgte, um vermutete Leistungsver schlechterungen abzufangen. In ähnlicher Weise könnten auch die o.g. Ergebnisse bei der Bearbeitung von Labyrinthen unter Ablenkbedingungen interpretiert werden. In den Ergebnissen zeigt sich demnach eine Leistungssteigerung, weil die Probanden auf die erschwerten Bedingungen im Sinne einer reaktiven Anspannungssteigerung antworten. Ob dieser Erklärungsansatz zutrifft, könnte in zukünftigen Studien dadurch überprüft werden, dass die Schwierigkeit der Zweitaufgabe in mehreren Stufen experimentell erhöht wird. Unter derartigen Bedingungen sollte sich dann zunächst bei leichten Zweitaufgaben die auch in der vorliegenden Arbeit gezeigte Leistungsverbesserung beobachten lassen, die dann jedoch bei höheren Schwierigkeitsgraden der Zweitaufgabe in eine Leistungsver schlechterung umkippt.

Es ist aus früheren Untersuchungen bekannt, dass sich die Leistung in den beiden Aufgaben eines Doppelbelastungsparadigmas abhängig von der Priorität, die einer der Aufgaben zugewiesen wird, verändert (Wickens & Gopher 1977). Das würde für die vorliegende Untersuchung bedeuten, dass der Geschwindigkeit der Labyrinthlösung Vorrang vor der Bearbeitung der Zählaufgabe und damit ein hohes Maß der verfügbaren Aufmerksamkeitsressourcen zugewiesen wurde. Grundsätzlich erbringen die Probanden jedoch ein hohes Maß an Akkuratheit in der Zählaufgabe.

Es lassen sich auch innerhalb des Verhaltens bei der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben verschiedene Dimensionen unterscheiden: So muss die Verarbeitungsressource auf die Qualität der Lösung in Form korrekter Entscheidungen an Wegalternativen, die Präzision bei Bewegung bei der Steuerung des Cursors und die Verarbeitungsgeschwindigkeit aufgeteilt werden. Dabei stellt sich die Frage, ob die Verkürzung der Verarbeitungszeit mit Verschlechterungen in den andern Dimensionen des Labyrinthlösungsverhaltens einhergeht, wenn die Bearbeitung einer Zweitaufgabe zusätzliche Verarbeitungskapazität beansprucht. Eine Analyse der Ergebnisse in dieser Hinsicht zeigt, dass unter der Notwendigkeit, eine parallele Aufgabe zu bearbeiten, eine Verschiebung der Balance innerhalb der unterschiedlichen Dimensionen des Labyrinthlösungsverhaltens nachzuweisen ist: Wenn der zu durchfahrende Weg in Pfad und Pseudo-Labyrinth keine Handlungsalternativen bietet, kommt es bei erhöhten Forderungen an die Bewegungssteuerung (grosser Cursor) unter der ablenkenden Bedingung durch die Zweitaufgabe parallel zu einer Verbesserung der Verarbeitungszeit zu einem Nachlassen der Präzision der Bewegung. Werden dagegen Entscheidungen an Wegalternativen gefordert, zeigt sich zumindest unter der einfachen motorischen Bedingung eine Tendenz zur qualitativen Verschlechterung, definiert über die Zunahme der Weglänge. Diese Ergebnisse legen nahe, dass eine Verminderung der Verarbeitungskapazität durch eine Zweitaufgabe die Zuweisung von Verarbeitungsprioritäten innerhalb der Dimensionen des Labyrinthlösungsverhaltens abhängig von der Existenz von Entscheidungspunkten und der Schwierigkeit der geforderten Bewegung und damit abhängig von den Merkmalen der Labyrinthaufgaben beeinflusst.

Eine Verschiebung der Priorität bezüglich der Güte der Aufgabenbearbeitung in den verschiedenen Dimensionen des Labyrinthlösungsverhaltens ist auch aus anderen Stu-

dien bekannt: So konnte in einem Labyrinthparadigma, in dem die Spur des Cursors für den Probanden sichtbar aufgezeichnet wird und damit als Rückmeldung des gegangenen Weges dient, nachgewiesen werden, dass eine klinische Gruppe atypisch neuroleptisch behandelte schizophrene Patienten im Gegensatz zur gesunden Kontrollgruppe sich in allen drei Dimensionen der Labyrinthlösung beeinflusst zeigte. Es veränderte sich die Balance dahingehend, dass sich zwar die Verarbeitungszeit insgesamt verlängerte, aber sich sowohl die Qualität (d.h. die Fehlerhaftigkeit beim Durchfahren des Labyrinths) als auch die Präzision der Bewegung (Zahl der Wandberührungen) verbesserte (Lis et al. 2005). Dies ist als Beleg dafür zu werten, dass die Veränderung in einer Dimension des Lösungsverhaltens eine Veränderung des Verhaltens in den anderen Dimensionen nach sich ziehen kann.

Einen weiteren möglichen Erklärungsansatz bietet das Modell, bei dem Ressourcen flexibel und abhängig von den Anforderungen einer Aufgabe und der Motivation der Versuchsperson verteilt werden. Könnte die unter der Ablenkbedingung nachgewiesene verkürzte Navigationszeit der Versuchspersonen auf eine besondere Motivationsbereitschaft der Probanden zurückzuführen sein? Wettstreit ist eine der Bedingungen, die zur Induzierung von Motivation in psychologischen Experimenten oft eingesetzt wird (Heckhausen 1989). Möglicherweise wurde vom Versuchsleiter unbeabsichtigt ein besonderer Anreiz gegeben, die Aufgabe im Vergleich zu den anderen Probanden möglichst schnell zu lösen. Dem persönlichen Eindruck des Studienleiters zufolge erkundigten sich insbesondere die Probanden der Ablenkgruppe, „wie sie denn im Vergleich zu den Anderen abgeschnitten“ hätten.

In Untersuchungen zum Einfluss des Geschlechtes auf das Lösen von Labyrinthaufgaben in Wettbewerbssituationen zeigen sich für beide Geschlechter sehr unterschiedliche Strategien: Frauen mit hoher Leistungsmotivation und hoher Leistungsangst lösen Labyrinth am langsamsten, während Männer mit hoher Leistungsmotivation und hoher Leistungsangst die schnellsten Lösungen erbrachten (Ziegler 1987).

Unter Wettbewerbsbedingungen versuchen männliche Probanden die Zeit, weibliche Probanden dagegen eher die Fehler zu reduzieren (Zimmermann 1988). Finden Untersuchungen in wettbewerbsfreier Lernatmosphäre statt, besteht für die Probanden die Möglichkeit zur Auswahl individueller Lösungsstrategien. Hier lassen sich keine Zeitun-



terschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden nachweisen (Schmitz 1999).

Auch in der vorliegenden Studie scheint der Schnelligkeit der Aufgabenlösung durch die untersuchten Männer Vorzug gegenüber der Präzision der Bewegung gegeben worden zu sein. Für zukünftige Untersuchungen wäre wünschenswert, als weiteres Persönlichkeitsmerkmal die Motivationsbereitschaft zu erheben.

Die initiale Analysezeit sowie die Qualitätsmaße der Labyrinthbearbeitung werden von der Ablenkbedingung allein nicht beeinflusst.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich damit weder das bei erstmalig, noch das bei länger an Schizophrenie erkrankten Menschen zu beobachtende Verhaltensmuster (vgl. Kapitel 2) in der Labyrinthlösung durch Konstitution einer Doppelbelastungsaufgabe reproduzieren lässt.

Einen möglichen Erklärungsansatz bietet das u.a. von Wickens postulierte Modell der multiplen Ressourcen (Wickens 1984, auch Allport 1980). Wickens (1984, 1992) schlägt dabei drei Dimensionen vor, entlang derer Verarbeitung klassifiziert werden kann und für die unabhängige Verarbeitungsressourcen zur Verfügung stehen. Neben der Modalität der zu verarbeitenden Reize (z.B. akustisch vs. visuell) und der Art der zu verarbeitenden Informationen (verbal vs. spatial) werden auch unterschiedlichen Domänen kognitiver Prozesse (eher wahrnehmungs- vs. eher responsebezogen) getrennte Ressourcen zugeschrieben. So lässt sich die elektrophysiologische Reaktion des Gehirns beim stillen Zählen von Tönen (Oddball-Paradigma) nicht durch die Schwierigkeit einer simultan durchzuführenden Tracking-Aufgabe beeinflussen (Israel et al. 1980a, b, vgl. auch Pashler 1991). Auch die Ergebnisse von Doppelbelastungsaufgaben, die simultan die Erkennung (stimulusbezogen) und Produktion (responsebezogen) von Sprache erfordern, unterstützen die Hypothese der Existenz unterschiedlicher Ressourcen (Shallice, McLead & Lewis 1985). Für die vorliegende Untersuchung impliziert dieses Wickens'sche Modell jedoch, dass die Labyrinth- und die Ablenkungsaufgabe auf unterschiedliche Ressourcen zugreifen müssten und die Ablenkung keinen Effekt zeigen dürfte. Dieses Modell scheint aus diesem Grund für die Ergebnisse der Untersuchung nicht zu greifen, bietet aber Raum für weitergehende Untersuchungsansätze (s.u.).

Eine weitere Grundannahme war, dass erkrankte und Neuroleptika unbehandelte Patienten einem erhöhten Maß an Stress ausgesetzt sind. Es stellte sich die Frage, ob die deutliche Leistungsverbesserung hinsichtlich Qualität und Präzision unter Verwendung des großen Cursors auf einen Einfluss von Stress zurückgeführt werden kann. Easterbrook (1959) zeigte, dass Zustände, die mit hoher Emotionalität einhergehen, wie z.B. Stress, einen Anstieg des Aktivitätsniveaus verursachen und dass dies zu einer veränderten Nutzung von Hinweisreizen führt. Ein erhöhtes Aktivitätsniveau schmälert die Anzahl von Hinweisreizen, die man aufnehmen und beachten kann. Beim Bearbeiten von Labyrinthaufgaben sollte durch Einführung von sozialem Stress eine Einengung der Aufmerksamkeit auf die für die Aufgabenbearbeitung relevanten Hinweisreize erreicht werden. Unter diesen Bedingungen wurde von gesunden Probanden ein Verhaltensmuster erwartet, wie es bei erkrankten schizophrenen Patienten zu beobachten ist.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung belegen, dass die Gruppe, die die Aufgabe unter Stressbedingungen löst, im echten Labyrinth am wenigsten häufig Sackgassen betritt, unabhängig davon, ob der große oder der kleine Cursor genutzt wird, und somit in diesem Verhaltensmaß die höchste Qualität der Lösung erbringt. Dieser Effekt ist nur nachweisbar, wenn keine Ablenkung gegeben wird, d.h. wenn der Aufmerksamkeitspool experimentell nicht noch weiter eingeschränkt wird.

Dies ist zum einen vereinbar mit dem aus der Literatur bekannten Phänomen, dass sich die reine Anwesenheit eines Beobachters, in diesem Fall repräsentiert durch die Kamera, als die persönliche Leistung verbessernd herausstellt (z.B. Zajonc 1965, 1969). Zum anderen liegt eine mögliche Erklärung in einem für den Probanden besonders günstigen Erregungsniveau, denn wie der Literatur zu entnehmen ist, hängt die Leistung, die in einer Aufgabe erbracht wird, vom optimalen Erregungsniveau („optimal arousal“) und von der Komplexität der Aufgabe ab (Berlyne 1960, 1967, Hebb 1955). Demgegenüber konnte Miyamoto (1979) zeigen, dass allein die Anwesenheit eines Beobachters -und damit eines Stressors- unabhängig vom Schwierigkeitsgrad der Labyrinthuntersuchungen, zu einem Anstieg der Fehler und einer Verlängerung der Lösungszeit führte; allerdings wurde bei dieser Untersuchung kein Stressniveau quantifiziert.

Im zweiten Qualitätsmaß, nämlich der Länge des gegangenen Weges im Labyrinth, ist eine Leistungsverbesserung zu verzeichnen, wenn die Stressgruppe den großen Cursor nutzt. Sie geht unter der schwierigen motorischen Bedingung die kürzeste Wegstecke. Es kommt also durch Stress zu einer Leistungsverbesserung, die bei Benutzung des großen Cursors besonders deutlich wird.

Lösen neuroleptika-naive, ersterkrankte schizophrene Patienten die hier verwendeten echten Labyrinth, dann verbessert sich ebenfalls unter der schwierigeren Bewegungsbedingung ihre Leistung, sowohl in der Zählrate irregulären Verhaltens (Betreten von Sackgassen) als auch in der Länge des gegangenen Weges. Allerdings benötigt die Gruppe dieser Patienten in der Labyrinthlösung mit dem großen Cursor mehr initiale Analyse- und Navigationszeit (Krieger et al. 2001). Unmedizierte Patienten scheinen ebenso wie die Probanden der Stressgruppe von den initial gebildeten mentalen Repräsentationen der Reizumwelt („cognitive maps“, Tolman 1932, Balkenius 1995) nur dann profitieren zu können, wenn schwierige Bewegungsbedingung und die Existenz von Entscheidungspunkten zusammenkommen. Dies ist vereinbar mit der als Folge von Stress beschriebenen veränderten Nutzung von Hinweisreizen im Sinne einer Einschränkung der Wahrnehmung irrelevanter Handlungsalternativen (Easterbrook 1959, Broadbent 1971, Kahnemann 1973). Dass der unterschiedliche Effekt zwischen den Bewegungsschwierigkeiten nur in der Weglänge sichtbar wird, mag daran liegen, dass Sackgassenbetretung an sich doch ein zu grobes Maß für die Qualität der Aufgabenlösung darstellt.

Wird in der schwierigeren motorischen Bedingung unter Stress die Aufmerksamkeit von der Topographie des Labyrinths weg auf die Bewegungssteuerung gerichtet, dann scheinen die in der initialen Analysephase oder während der Bewegungsdurchführung gebildeten mentalen Repräsentationen ausreichend für eine gute Leistung zu sein.

In allen anderen erhobenen Verhaltensdaten wirkt sich Stress statistisch nur in Abhängigkeit von gleichzeitiger Bearbeitung einer ablenkenden Aufgabe aus: In der initialen Analysezeit, dem Zeitintervall also, von dem angenommen wird, dass hier die mentale Repräsentation des Stimulus gebildet wird (s.o.), wirkt sich im Vergleich zwischen Pseudo- und echtem Labyrinth nur das Zusammenkommen aller vier variierten Bedingungen,

also Cursorgröße, Reizkomplexität, Ablenkung und Stress, aus. Stress verlängert, unabhängig von Ablenkung, bei Benutzung des kleinen Cursors und in besonderem Maße beim grossen Cursor die Startzeit. Unter Stress nehmen sich die Probanden mehr Zeit zur initialen Analyse des Stimulus. Wenn jedoch gleichzeitig die ablenkende Aufgabe bearbeitet werden muss, können die Probanden von der ausgedehnten Reizinspektion in der weiteren Bearbeitung des Labyrinths nicht profitieren. Es scheint keine ausreichende Repräsentation im Verlauf abrufbar zu sein, vor allem dann nicht, wenn Aufmerksamkeit auf die Bewegung unter der schweren motorischen Bedingung gelenkt werden muss.

Die Probanden, die entweder sozialem Stress ausgesetzt sind (schwächster Anstieg), oder eine Zweitaufgabe bearbeiten, zeigen einen geringeren Anstieg im Zeitbedarf zwischen Pseudo- und echtem Labyrinth.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Stress und Ablenkung als unabhängige Variablen bei der Bearbeitung von für den Probanden unbekannten Labyrinthaufgaben nicht nur zu einer Veränderung in der subjektiven Bewertung der Untersuchungssituation, sondern auch zu Veränderungen in Leistungsmaßen führen.

Dabei lässt sich jedoch weder durch Stress noch durch Ablenkung bei gesunden Personen eindeutig ein Störungsmuster simulieren, das dem bei den verschiedenen Subgruppen schizophren Erkrankter zu beobachtenden Verhalten entspricht. Eine Ausnahme bietet hier einzig der erbrachte Hinweis auf eine Leistungsverbesserung hinsichtlich der Qualität der Labyrinthlösung unter Stress, ähnlich wie sie die Gruppe der ersterkrankten und unbehandelten schizophrenen Patienten gegenüber der gesunden Kontrollgruppe erbringt. Verbunden ist dies allerdings mit der Frage, ob die reine Sackgassenbetretung als ein Maß für die Qualität nicht ein zu grobes Raster darstellt.

Damit lassen sich die Alterationen im Aufgabenlösungsverhalten bei schizophrenen Patienten weder eindeutig auf ein höheres Stressniveau, noch auf eine verminderte Kapazität von Verarbeitungsressourcen oder eine wechselseitige Beeinflussung beider Faktoren zurückführen.

Einschränkend muss aber bemerkt werden, dass sich die Frage stellt, inwieweit der in der vorliegenden Arbeit induzierte soziale Stress tatsächlich in Ausmaß und Qualität

dem von schizophrenen Personen erlebten Stress, bedingt durch Erkrankung, Krankenhausaufenthalte und krankheitsbedingte Veränderungen in der sozialen, privaten und beruflichen Situation, entspricht.

Auch muss kritisch diskutiert werden, inwieweit die in der vorliegenden Studie verwendete Zweitaufgabe geeignet ist, die bei schizophrenen Erkrankungen möglicherweise reduzierten Aufmerksamkeitsressourcen zu simulieren. Unter der Annahme multipler Ressourcen (Wickens 1984) wären weitere Untersuchungen notwendig, die über die Natur der zu induzierenden Zweitaufgabe und ihre Auswirkungen auf Labyrinthaufgaben Aufschluss geben. Zu fordern wären Daueraufmerksamkeit absorbierende Aufgaben, dargeboten in der gleichen Modalität wie der Labyrinthreiz, um auf den gleichen Pool der zur Verfügung stehenden Ressourcen zuzugreifen. Ein vorstellbares Untersuchungsdesign wäre ein auf dem Bildschirm dargebotener Punkt mit zu beobachtenden und zu zählenden häufigen und seltenen Ereignissen.

Auf der Basis der bereits durchgeführten Untersuchungen sollten weitere verfeinerte Untersuchungsmethoden entwickelt werden, die anhand der Beeinflussung der kognitiven Funktionen gesunder Gruppen zu einem Verständnis der kognitiven Störungen bei schizophren erkrankten Personen beitragen.

## 6. Literatur

- Abbruzzese, M., Bellodi, L., Ferri, S., Scarone, S.: *Frontal lobe dysfunction in schizophrenia and obsessive-compulsive disorder: A neuropsychological study*. Brain and Cognition 1995, 27, 202-212
- Allport, D.A., Antonis, B., Reynolds, P.: *On the division of attention: A disproof of the single channel hypothesis*. Quarterly Journal of Experimental Psychology 1972, 24, 225-235
- Allport, D.A.: *Attention*. In: Claxton, G.L. (Ed.) New directions in cognitive psychology. Routledge & Kegan Paul, London 1980
- Alpert, R., Haber, R.N.: *Anxiety in academic achievement situations*. Journal of Abnormal and Social Psychology 1960 61, 207-215
- Andreasen, N.C., Black, D.W.: *Lehrbuch Psychiatrie*. Beltz, Weinheim, Basel 1993
- Andreasen, N.C., Ehrhardt, J.C., Swayze, V.W., Alliger, R.J., Yuh, W.T.C., Cohen, G., Ziebell, S.: *Magnetic resonance imaging of the brain in schizophrenia. The pathophysiological significance of structural abnormalities*. Archives of General Psychiatry 1990, 47, 35-44
- Andreasen, N.C., Nopoulos, P., O'Leary, D.S., Miller, D.D., Wassink, T., Flaum, M.: *Defining the phenotype of schizophrenia: Cognitive dysmetria and its neural mechanisms*. Biological Psychiatry 1999, 46, 908-920
- Andreasen, N.C., Paradiso, S., O'Leary, D.S.: *„Cognitive dysmetria“ as an integrative theory of schizophrenia: A dysfunction in cortical-subcortical-cerebellar circuitry?* Schizophrenia Bulletin 1998, 24, 203-218
- Andreasen, N.C.: *Brain imaging: applications in psychiatry*. American Psychiatric Press, Washington 1989
- Andreasen, N.C.: *Negative symptoms in schizophrenia. Definition and reliability*. Archives of General Psychiatry 1982, 39, 784-788
- Andreasen, N.C.: *The mechanisms of schizophrenia*. Current Opinion in Neurobiology 1994, 4, 245-251
- Andreasen, N.C.: *Thought, language and communication disorders: I. Clinical assessment, definition of terms, and assessment of their reliability*. Archives of General Psychiatry 1979, 36, 1315-1321

- Annett, M.: *The binominal distribution of right, mixed and left handedness*. Journal of Experimental Psychology 1967, 19, 327-333
- APA (American Psychiatric Association) DSM-IV: *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. (4<sup>th</sup> edition) American Psychiatric Press, Washington DC 1994
- Aristoteles: *Schriften zur Naturphilosophie, Erstes Bändchen, Drei Bücher von der Seele, über Sinn und Sinnliches (Parva Naturalia)*. In: v. Osiander, C.N., Schwab, G. (Hrsg.) Aristoteles Werke. Metzler, Stuttgart 1847
- Aschauer, H.N., Meszaros, K., Willinger, U., Reiter, E., Heiden, A.M., Lenzinger, E., Beran, H., Resinger, E.: *The season of birth of schizophrenics and schizoaffectives*. Psychopathology 1994, 27, 298-302
- Babcock, H.: *Dementia Praecox: A psychological study*. Science Press, New York 1933
- Baddeley, A.: *Amnesia: A minimal model and an interpretation*. In: Cermak, L.S. (ed.) Human memory and amnesia. Erlbaum, Hillsdale 1982, 305-336
- Baddeley, A.: *Working memory or working attention?* In: Baddeley, A., Weiskrantz, L. (eds.) Attention: Selection, Awareness and Control. University Press, New York, Oxford 1993, 152-170
- Baddeley, A.: *Working memory*. Clarendon Press, Oxford 1986
- Baddeley, A.: *Working memory: The interface between memory and cognition*. Journal of Cognition and Neuroscience 1992, 4, 281-288
- Baddely, A., Hitch, G.: *Developments in the concept of working memory*. Neuropsychology 1994, 8, 485-493
- Balkenius, C.: *Natural intelligence in artificial creatures*. Lund University Cognitive Studies 37, 1995
- Bateson, G., Jackson, D.D., Haley, J., Weakland, J.: *Towards a theory of schizophrenia*. Behavioral Science 1956, 1, 251-264
- Becker-Carus, C.: *Psychophysiologische Methoden*. Enke, Stuttgart 1979
- Benkert, O., Hippus, H.: *Psychiatrische Pharmakotherapie*. 6. Auflage. Springer, Berlin 1996
- Bentall, R.P.: *The illusion of reality: A review and integration of psychological research on hallucinations*. Psychological Bulletin 1990, 107, 82-96
- Birbaumer, N., Schmidt, R.F.: *Biologische Psychologie*. 3. Auflage. Springer, Berlin, Heidelberg 1996

- Black, I.B.: *Information in the brain*. MIT Press, Cambridge (Mass.) 1991
- Bleuler, E.: *Dementia praecox oder die Gruppe der Schizophrenien*. In: Handbuch der Psychiatrie. Spez Teil, 4. Abtlg./1. Aschaffenburg, G. (Hrsg.) Deuticke, Leipzig, Wien 1911
- Bobrow, D.G.: *On data-limited and resource-limited process*. Cognitive Psychology 1975, 7, 44-46
- Bogerts, B., Lieberman, J.: *Neuropathology in the study of psychiatric disease*. In: Costa e Silva, A.C.J., Nadleson, C.C. (eds.) International Review of Psychiatry, Vol. 1 American Psychiatric Press, Washington 1993
- Bogerts, B.: *Hirnstrukturelle Untersuchungen an schizophrenen Patienten*. In: Lieb, K., Riemann, D., Berger, M. (Hrsg.) Biologisch-psychiatrische Forschung. Ein Überblick. Fischer, Stuttgart, Jena 1995
- Bogerts, B.: *Neuropathologische Befunde bei Schizophrenen*. In: Kaschka, W.P., Joraschky, P., Lungershausen, E. (Hrsg.) Die Schizophrenien. Biologische und familien-dynamische Konzepte zur Pathogenese. Springer, Berlin 1988
- Bortz, J., Lienert, G.A., Boehnke, K.: *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik*. Berlin, Springer, 1990
- Bourne, L.E., Ekstand, B.R.: *Einführung in die Psychologie*. 2. Auflage. Eschborn bei Frankfurt am Main, Klotz, 1997
- Braff, D.L., Geyer, M.A.: *Sensorimotor gating and schizophrenia. Human and animal model studies*. Archives of General Psychiatry 1990, 47, 181-188
- Braff, D.L., Heaton, R., Kuck, J., Cullum, M., Moranville, J., Grant, I., Zisook, S.: *The generalized pattern of neuropsychological deficits in outpatients with chronic schizophrenia with heterogeneous Wisconsin Card Sorting Test results*. Archives of General Psychiatry 1991, 48, 891-898
- Braff, D.L.: *Information processing and attention dysfunctions in schizophrenia*. Schizophrenia Bulletin 1993, 19, 233-259
- Broadbent, D.E.: *Decision and stress*. Academic Press, London 1971
- Broadbent, D.E.: *Perception and communication*. Academic Press, London 1958
- Butler, R.W., Jenkins, R.A., Sprock, J., Braff, D.L.: *Wisconsin Card Sorting Test in chronic paranoid schizophrenia*. Schizophrenia Research 1992, 7, 169-176
- Cahill, C., Frith, C.D.: *A cognitive basis for the signs and symptoms of schizophrenia*. In: Pantelis, C., Nelson, H.E., Barnes, T.R.E. (eds.) Schizophrenia: A neuropsychological perspective. Wiley, Chichester 1997, 373-395



- 
- Calev, A.: *Recall and recognition in chronic nondemented schizophrenics: The use of matched tasks*. Journal of Abnormal Psychology 1984, 93, 45-77
- Canavan, A.G.M.: *Stylus-maze performance in patients with frontal lobe lesions: Effects of signal valency and relationship to verbal and spatial abilities*. Neuropsychologia 1983, 21, 375-382
- Carr, V., Wale, J.: *Schizophrenia. An information processing model*. Australian and New Zealand Journal of Psychiatry 1986, 20, 136-155
- Chapman, L.J., Chapman, J.P.: *The genesis of delusions*. In: Oltmanns, T.F., Maher, B.A. (eds.) Delusional beliefs. Wiley, New York 1988, 167-183
- Chapman, L.J., Chapman, J.P.: *The measurement of differential deficit*. Journal of Psychiatric Research 1978, 14, 303-311
- Chelune, G.J., Heaton, R.K., Lehman, R.A., Robinson, A.: *Level versus pattern of neuropsychological performance among schizophrenic and diffusely brain-damaged patients*. Journal of Consulting and Clinical Psychology 1979, 47, 155-163
- CIPS (Collegium Internationale Psychiatriae Salarum), Internationale Skalen für Psychiatrie. 4<sup>th</sup> revised edn. Beltz, Göttingen 1996
- Coccaro, E.F., Prudic, J., Rothpearl, A., Nurnberg, H.G.: *Effect of hospital admission on DST results*. American Journal of Psychiatry 1984, 141, 982-985
- Cohen, B.D., Camhi, J.: *Schizophrenic performances in a word-communication task*. Journal of Abnormal Psychology 1967, 72, 240-246
- Cohen, B.D., Nachmani, G., Rosenberg, S.: *Referent communication disturbances in acute schizophrenia*. Journal of Abnormal Psychology 1974, 83, 1-14
- Cohen, B.D.: *Referent communication disturbances in schizophrenia*. In: Schwartz, S. (ed.) Language and cognition in schizophrenia. Erlbaum, Hillsdale 1978
- Cohen, B.D.: *Referent communication in schizophrenia: The perseverative chaining model*. Annals of the New York Academy of Sciences 1976, 270, 124-141
- Cohen, J.D., Servan-Schreiber, D.: *Context, cortex and dopamine: A connectionist approach to behavior and biology in schizophrenia*. Psychological Review 1992, 99, 45-77
- Cornblatt, B., Lenzenweger, M.F., Dworkin, R., Erlenmeyer-Kimling, L.: *Childhood attentional dysfunction predicts social deficits in unaffected adults at risk for schizophrenia*. British Journal of Psychiatry 1992, 161, 59-64

- Cotler, S., Palmer, R.J.: *The effects of test anxiety, sex of subjects, and type of verbal reinforcement in maze performance of elementary school children*. Journal of Personality 1970, 38, 216-234
- Covington, M.A., He, C., Brown, C., Naci, L., McClain, J.T., Fjordbak, B.S., Semple, J., Brown, J.: *Schizophrenia and the structure of language: the linguist's view*. Schizophrenia Research 2005, 77, 85-91
- Cramon von, D., Mai, N., Ziegler, W.: *Neuropsychologische Diagnostik*. Chapman & Hall, Weinheim 1995
- Critschley, M.: *The neurology of psychotic speech*. British Journal of Psychiatry 1964, 110, 353-364
- Crow, T.J.: *Is schizophrenia an infectious disease?* The Lancet 1983, 1 (8317), 173-175
- Crow, T.J.: *Positive and negative schizophrenic symptoms and the role of dopamine*. British Journal of Psychiatry 1980, 137, 383-386
- Crow, T.J.: *The two syndrome concept: origins and current status*. Schizophrenia Bulletin 1985, 11, 471-486
- Cutting, J.C.: *The right cerebral hemisphere and psychiatric disorders*. Oxford University Press, Oxford 1990
- D'Esposito, M., Postle, B.R., Ballard, D., Lease, J.: *Maintenance versus manipulation of information held in working memory: an event-related f-MRI study*. Brain and Cognition 1999, 41, 66-86
- Daum, I., Schugens, M.M., Channon, S., Polkey, C.E., Gray, J.A.: *T-maze discrimination and reversal learning after unilateral temporal or front lobe lesions in man*. Cortex 1991, 27, 613-622
- Donders, F.C.: *Die Schnelligkeit psychischer Prozesse*. Archiv für Anatomie, Physiologie und Wissenschaftliche Medizin 1868, 657-681
- Dorsch, F.: *Psychologisches Wörterbuch*. 14. Auflage, Huber, Bern 2004
- Dücker, H.: *Über reaktive Anspannungssteigerung*. Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 1963, 10, 46-72
- Duffy, L., O'Carrol, A.: *Memory impairment in schizophrenia: A comparison with that observed in the alcoholic Korsakow syndrome*. Psychological Medicine 1994, 24, 155-165
- Eagles, J.M.: *Are poliovirus a cause of schizophrenia?* British Journal of Psychiatry 1992, 160, 598-600

- Easterbrook, J.A.: *The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior*. Psychological Review 1959, 66, 183-201
- Ebbinghaus, H.: *Über das Gedächtnis: Untersuchungen zur experimentellen Psychologie*. Duncker & Humblot, Leipzig 1885
- Emrich, H.M.: *Zur Entwicklung einer Systemtheorie produktiver Psychosen*. Der Nervenarzt 1988, 59, 456-464
- Engelkamp, J., Pechmann, T.: *Kritische Anmerkungen zum Begriff der mentalen Repräsentation*. Sprache & Kognition 1988, 7, 2-11
- Eysenck, H.J. (ed.): *Handbook of abnormal psychology: An experimental approach*. Pitman Medical, London 1968
- Fahrenberg, J., Hampel, R., Selg, H.: *Freiburger Persönlichkeitsinventar, revidierte Fassung (FPI-R)*. Hogrefe, Göttingen 1994
- Farber, I.E., Spence, K.W.: *Complex learning and conditioning as a function of anxiety*. Journal of Experimental Psychology 1953, 44, 120-125
- Flor-Henry, P.: *Psychosis, neurosis and epilepsy. Development and gender-related effects and their aetiological contribution*. British Journal of Psychiatry 1974, 124, 144-150.
- Foulds, G.A., Owen, A.: *Speed and accuracy on mazes in relation to diagnosis and personality*. British Journal of Social and Clinical Psychology. 1963, 3, 34-35.
- Foulds, G.A.: *Temperamental differences in maze performance: Part I. Characteristic differences among psychoneurotics*. British Journal of Psychology 1951, 42, 209-217
- Foulds, G.A.: *Temperamental differences in maze performance: Part II. The effect of distraction and electro-convulsive therapy on psychomotor retardation*. British Journal of Psychology 1952, 43, 33-41
- Frame, C.L., Oltmanns, T.F.: *Serial recall by schizophrenic and affective patients during and after psychotic episodes*. Journal of Abnormal Psychology 1982, 91, 311-318
- Franke, P., Maier, W., Hain, C., Klinger, T.: *Wisconsin Card Sorting Test: An indicator of vulnerability to schizophrenia?* Schizophrenia Research 1992, 6, 243-249
- Franz, M., Meyer, T., Reber, T., Gallhofer, B.: *The importance of social comparisons for high levels of subjective quality of life in chronic schizophrenic patients*. Quality of Life Research 2000, 9, 481-489
- Frewer, L.J., Hindmarch, I.: *The effect of time of day, age and anxiety on a choice reaction task*. In: Hindmarch, I., Aufdembinke, A., Ott, H. (eds.) Psychopharmacology and reaction time. Chichester, John Wiley 1988, 103-114

- Frith, C.D., Allan, H.A.: *Language disorders in schizophrenia and their implications for neuropsychology*. In: Bebbington, P., McGuffin, P. (eds.) *Schizophrenia: The major issues*. Heinemann, Oxford 1988
- Frith, C.D.: *Consciousness, information processing, and schizophrenia*. *British Journal of Psychiatry* 1979, 134, 225-235
- Frith, C.D.: *The cognitive neuropsychology of schizophrenia*. Erlbaum, Hove 1992
- Frith, C.D.: *The positive and negative symptoms in schizophrenia reflect impairment in the perception and initiation of action*. *Psychological Medicine* 1987, 7, 631-638
- Fuster, J.M.: *Network memory*. *Trends in Neuroscience* 1997, 20, 452-459
- Fuster, J.M.: *Role of frontal cortex in delay tasks: Evidence from reversible lesion and unit recording in monkeys*. In: Levin, H.S., Eisenberg, H.M., Benton, A.L. (eds.) *Frontal lobe function and dysfunction*. Oxford University Press, Oxford 1991, 59-71
- Fuster, J.M.: *The prefrontal cortex. Anatomy, physiology, and neuropsychology of the frontal lobe*. (2<sup>nd</sup> ed.) Raven Press, New York 1989
- Gabrieli, J.: *Contribution of the basal ganglia to skill learning and working memory in humans*. In: Houk, J.C., Davis, J.L., Beiser, D.G. (eds.) *Models of information processing in the basal ganglia*. MIT Press, Cambridge 1995
- Gallhofer, B., Bauer, U., Gruppe, H., Krieger, S., Lis, S.: *First episode schizophrenia: the importance of compliance and preserving cognitive function*. *Journal of Practical Psychological and Behavioural Health* 1996a, 2, 16-24
- Gallhofer, B., Bauer, U., Lis, S., Krieger, S., Gruppe, H.: *Cognitive dysfunction in schizophrenia: comparison of treatment with atypical antipsychotic agents and conventional neuroleptic drugs*. *European Neuropsychopharmacology* 1996b, 6, 14-20
- Gallhofer, B., Krieger, S., Lis, S., Hargarter, L., Röder, C., Lammers, C., Meyer-Lindenberg, A.: *Cognitive dysfunction in schizophrenia: Maze-solving behavior in treated and untreated patients*. *CNS Spectrums* 1997, 6, 26-42
- Gallhofer, B., Lis, S., Meyer-Lindenberg, A., Krieger, S.: *Cognitive dysfunction in schizophrenia: a new set of tools for the assessment of cognition and drug effect*. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 1999, 99 Suppl 395, 118-128
- Gardner, H.: *Dem Denken auf der Spur: Der Weg der Kognitionswissenschaft*. Klett-Cotta, Stuttgart 1989
- Gattaz, W.F., Nevalainen, T.J., Kinnunen, P.K.J.: *Mögliche Beteiligung der Phospholipase A2 an der Pathogenese der Schizophrenie*. *Fortschritte der Neurologie, Psychiatrie* 1990, 58, 148-153

- 
- Gelder, M., Gath, D., Mayou, R.: *Oxford textbook of psychiatry*. Oxford University Press, Oxford, New York 1989
- Gold, J.M., Randolph, C., Carpenter, C., Goldberg, T.E., Weinberger, D.R.: *Forms of memory failure in schizophrenia*. *Journal of Abnormal Psychology* 1992, 101, 487-494
- Goldberg, T.E., Weinberger, D.R., Berman, K.F., Pliskin, N.H., Podd, M.H.: *Further evidence for dementia of prefrontal type in schizophrenia. A controlled study of teaching the Wisconsin Card Sorting Test*. *Archives of General Psychiatry* 1987, 44, 1008, 1014
- Goldberg, T.E., Weinberger, D.R., Pliskin, N.H., Berman, K.F., Podd, M.H.: *Recall memory deficit in schizophrenia: A possible manifestation of prefrontal dysfunction*. *Schizophrenia Research* 1989, 2, 251-257
- Goldberg, T.E., Weinberger, D.R.: *Probing prefrontal function in schizophrenia with neuropsychological paradigms*. *Schizophrenia Bulletin* 1988, 14, 179-183
- Goldman-Rakic, P.S., Friedman, H.R.: *The circuit of working memory revealed by anatomy and metabolic imaging*. In: Levin, H.S., Eisenberg, H.M., Benton, A.L. (eds.) *Frontal lobe function and dysfunction*. Oxford University Press, Oxford 1991, 72-91
- Goldman-Rakic, P.S.: *Working memory dysfunction in schizophrenia*. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neuroscience* 1994, 6, 348-357
- Goldman-Rakic, P.S.: *Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory*. In: Plum, F. (ed.) *Handbook of physiology: The nervous system*, Vol. 5. American Psychological Society, Bethesda 1987, 373-417
- Goldsamt, L.A., Barros, J., Schwartz, B.J., Weinstein, C., Iqbal, N.: *Neuropsychological correlates of schizophrenia*. *Psychiatric Annals* 1993, 23, 3, 151-157
- Gopher, D., Donchin, E.: *Workload- An examination of the concept*. In: Boff, K.R., Kaufmann, L., Thomas, J.R. (eds.) *Handbook of perception and human performance*. Vol 2, Wiley, New York 1985, 411-418
- Gourovitch, M.L., Goldberg, T. E.: *Cognitive deficits in schizophrenia: Attention, executive functions, memory and language processing*. In: Pantelis, C., Nelson, H.E., Barnes, T.R.E. (eds.) *Schizophrenia: A neuropsychological perspective*. Wiley, Chichester 1997, 71-86
- Granholm, E., Bartzokis, G., Asarnow, R.F., Marder, S.R.: *Preliminary associations between motor procedural learning, basal ganglia T2 relaxation times, and tardive dyskinesia*. *Psychiatry Research: Neuroimaging* 1993, 50, 33-44

- Grant, D.A., Berg, E. A.: *A behavioural analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigle-type card sorting problem*. Journal of Experimental Psychology 1948, 38, 404-411
- Gray, J.A., Feldon, J., Rawlins, J.N.P., Hemsley, D.R., Smith, A.D.: *The neurophysiology of schizophrenia*. Behavioral and Brain Science 1991, 14, 1-84
- Green, M.F., Satz, P., Ganzell, S., Vaclay, J.F.: *Wisconsin Card Sorting Test in schizophrenia: Remediation of stubborn deficit*. American Journal of Psychiatry 1992, 149, 62-67
- Green, M.F.: *Schizophrenia from a neurocognitive perspective*. Allyn and Bacon, Needham Hights 1998
- Gross, G., Huber, G.: *Neuroradiologische Untersuchungen bei schizophrenen Erkrankungen*. In: Beckmann, H. (Hrsg.) Biologische Psychiatrie. Springer, Berlin 1988
- Gruzelier, J., Seymour, K., Wilson, L., Jolley, A., Hirsch, S.: *Impairment on neuropsychologic tests of temporohippocampal and frontohippocampal functions and word fluency in remitting schizophrenia and affective disorders*. Archives of General Psychiatry 1988, 24, 214-217
- Gruzelier, J.: *Lateralised dysfunction is necessary but not sufficient to account for neuropsychological deficits in schizophrenia*. In: Pantelis, C., Nelson, H.E., Barnes, T.R.E. (eds.) Schizophrenia: A neuropsychological perspective. Wiley, Chichester 1997, 125-160
- Gruzelier, J.H.: *Hemispheric imbalances in schizophrenia*. International Journal of Psychophysiology 1984, 1, 227-240
- Gur, R.E., Pearlson, G.D.: *Neuroimaging in schizophrenia research*. Schizophrenia Bulletin 1993, 19, 337-353
- Haider, M.: *Ermüdung, Beanspruchung und Leistung. Elektrophysiologische Indikationen der Aktivierung*. In: Schönplüg, W. (Hrsg.) Methoden der Aktivierungsforschung. Bern 1969
- Halliday, R., Caalaway, E., Naylor, H., Gratzinger, P., Prael, R.: *The effect of stimulant drugs on information processing in elderly adults*. Journal of Gerontology 1986, 41, 748-757
- Hanisch, M.: *Kognitive Prozesse bei der Lösung elementbasierter multipler T-Labyrinthe bei gesunden Probanden*. Dissertation, Justus-Liebig Universität Giessen, eingereicht 2005
- Head, H.: *Aphasia*. Cambridge 1926

- 
- Heaton, R.K., Baade, L.E., Johnson, K.L.: *Neuropsychological test results associated with psychiatric disorders in adults*. Psychology Bulletin 1978, 85, 142-161
- Heaton, R.K.: *Wisconsin Card Sorting Test Manual*. Psychological Assessment Resources, Odessa, Fl. 1981
- Hebb, D.: *Drives and the CNS (conceptual nervous system)*. Psychological Review 1955, 62, 243-254
- Heckhausen, H.: *Motivation und Handeln*. Springer, Berlin 1989
- Heiß, W.D.: *Positronen-Emissions-Tomographie (PET). Klinische Wertigkeit in Neurologie und Psychiatrie*. Deutsches Ärzteblatt 1993, 92, A 510-522
- Hell, W.: *Aufmerksamkeit und Interferenz: Untersuchungen zur kontextabhängigen Darstellung von Ziffern*. Deutscher Studienverlag, Weinheim 1987
- Helmholtz von, H.: *Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven*. Archiv für Anatomie, Physiologie und Wissenschaftliche Medizin 1850, 276-364
- Hemsley, D.R., Richardson, P.H.: *Shadowing by context in schizophrenia*. Journal of Nervous and Mental Disease 1980, 168, 141-145
- Hemsley, D.R.: *An experimental psychological model for schizophrenia*. In: Häfner, H., Gattaz, W.F., Janzarik, W. (eds.) Search of the causes of schizophrenia. Springer, Berlin 1987, 179-188
- Hemsley, D.R.: *Attention and information processing in schizophrenia*. British Journal of Social and Clinical Psychology 1976, 15, 199-209
- Hemsley, D.R.: *What have cognitive deficits to do with schizophrenic symptoms?* British Journal of Psychiatry 1977, 130, 167-173
- Hoffman, R.E., Dobscha, S.K.: *Cortical pruning and the development of schizophrenia: A computer model*. Schizophrenia Bulletin 1989, 15, 477-489
- Hoffman, R.E.: *Verbal hallucination and language processing in schizophrenia*. Behavioral and Brain Sciences 1986, 9, 503-548
- Huber, G.: *Psychiatrie: Lehrbuch für Studium und Weiterbildung*. 6. Auflage, Schattbauer, Stuttgart, New York 1999
- Ivry, R.: *Representational issues in motor learning*. In: Heuer, H., Keelle, S.W. (eds.) Handbook of perception and action. Vol. 2 Motor skills. Academic Press, London 1996, 263-330

- Jakobi, W., Winkler, H.: *Encephalographische Studien an chronisch Schizophrenen*. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten 1927, 81, 299-332
- James, W.: *Principles of psychology*. Holt, New York 1890
- Janke, W., Debus, G.: *Die Eigenschaftswörterliste*. Hogrefe, Göttingen 1978
- Janis, I.: *Decision-making under stress*. In: Goldberger, L. & Breznitz, S. (eds.) *Handbook of stress*. Free Press, New York 1982
- Jetter, W., Poser, U., Freeman, R.B., Markowitsch, H.J.: *A verbal long term memory deficit in frontal lobe damaged patients*. Cortex 1986, 22, 229-246
- Johnson, L.C., Lubin, A.: *Spontaneous electrodermal activity during waking and sleeping*. Psychophysiology 1966, 3, 8-17
- Jones, D.M., Macken, W.J., Nichols, A. P.: *The phonological store of working memory: Is it phonological and is it a store?* Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition 2004, 30, 656-674
- Jost, K.: *Zur Bedeutung des informationsverarbeitenden Systems für schizophrene Erkrankungen, dargestellt am Beispiel defizitärer Gedächtnisfunktionen*. European Archives of Psychiatry and Neurological Science 1986, 236, 67-74
- Kahneman, D.: *Attention and effort*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall 1973
- Kahneman, D.: *Remarks on attention control*. Acta Psychologica 1970, 33, 118-131
- Karnath, H.O., Wallesch, C.W., Zimmermann, P.: *Mental planning and anticipatory process with acute and chronic frontal lobe lesions: A comparison of maze performance in routine and non-routine situations*. Neuropsychologia 1991, 29, 271-290
- Karnath, H.O.: *Störungen mentaler Planungsprozesse nach Frontalhirnschädigung*. Dissertation, Freiburg i. Br. 1989
- Kaschka, W.P.: *Die Virushypothese endogener Psychosen – aktueller Stand der Forschung*. In: Saletu, B. (Hrsg.) *Biologische Psychiatrie*. Thieme, Stuttgart 1989
- Kaschka, W.P.: *Immunologische und virologische Forschungsansätze in der Psychiatrie*. In: Lieb, K., Riemann, D., Berger, M. (Hrsg.) *Biologisch-psychiatrische Forschung. Ein Überblick*. Fischer, Stuttgart, Jena 1995
- Keefe, R.S., Roitman, S.E., Harvey, P.D., Blum, C.S., DuPre, R.L., Prieto, D.M., Davidson, M., Davis, K.L.: *A pen-and-paper human analogue of a monkey prefrontal cortex activation task: Spatial working memory in patients with schizophrenia*. Schizophrenia Research 1995, 17, 25-33



- 
- Keefe, R.S.: *Working memory dysfunction in schizophrenia*. In: Sharma, T., Harvey, P. (eds.) *Cognition in schizophrenia*. University Press, Oxford 2000
- Kern, R.S., Green, M.F., Wallace, C.J.: *Declarative and procedural learning in schizophrenia: A test of integrity of divergent memory systems*. *Cognitive Neuropsychiatry* 1997, 2, 39-50
- Klenteberg, B., Levander, S.E., Schalling, D.: *Cognitive sex differences: speed and problem solving strategies on computerized neuropsychological tasks*. *Perceptual and Motor Skills* 1987, 65, 683-697
- Kolb, B., Whishaw, I.Q.: *Performance of schizophrenic patients on tests sensitive to left or right frontal, temporal or parietal function in neurological patients*. *Journal of Nervous and Mental Disease* 1983, 171, 435-443
- Kondo, F.: *A consideration of the hypothesis of frontal lobe dysfunction in attention deficit hyperactivity disorder*. *Japanese Journal of Special Education* 1996, 33, 51-61
- Kornhuber, J., Weller, M.: *Aktueller Stand der biochemischen Hypothesen zur Pathogenese der Schizophrenien*. *Nervenarzt* 1994, 65, 741-754
- Kraepelin, E.: *Psychiatrie*. 5. Auflage, Barth, Leipzig 1896
- Krieger, S., Lis, S., Gallhofer, B.: *Cognitive sub-processes and schizophrenia: A. Reaction time decomposition*. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 2001a, 104, 18-27
- Krieger, S., Lis, S., Gallhofer, B.: *Cognitive sub-processes and schizophrenia: B. Maze Tasks*. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 2001b, 104, 28-41
- Krieger, S., Lis, S., Gallhofer, B.: *Labyrinthaufgaben bei schizophrenen Patienten: Interaktion von Perception und Handlung*. In Möller H.J., Müller, N. (Hrsg.). *Schizophrenie - Moderne Konzepte zur Diagnostik, Pathogenese und Therapie*. Springer, Berlin 1998, 243-253
- Krieger, S., Lis, S., Meyer-Lindenberg, A., Janik, H., Cetin, T., Gallhofer, B.: *Executive function and cognitive sub-process in first episode, drug-naïve schizophrenia: An analysis of n-back performance*. *American Journal of Psychiatry*, in press 2005
- Krieger, S.: *Funktionell isolierbare kognitive Subprozesse und schizophrene Störungen*. Dissertation, Justus-Liebig-Universität, Giessen 1999
- Lansing, R.W., Schwartz, E., Lindsley, D.: *Reaction time and EEG activation under alerted and non-alerted conditions*. *Journal of Experimental Psychology* 1959, 58, 1-7
- Lautenbacher, S., Gauggel, S.: *Neuropsychologie psychischer Störungen*. Springer, Berlin 2004

- 
- Lazerus, R.S.: *Psychological stress and the coping process*. McGraw-Hill, New York 1966
- Leudar, I., Thomas, P., Johnston, M.: *Self-monitoring in speech production: Effects of verbal hallucinations and negative symptoms*. *Psychological Medicine* 1994, 24, 749-761
- Levin, S., Yurgelun-Todd, D., Craft, S.: *Contributions of clinical neuropsychology to the study of schizophrenia*. *Journal of Abnormal Psychology* 1989, 98, 341-356
- Lezak, M.D.: *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press, New York 1976
- Liddle, P.F., Morris, D.L.: *Schizophrenic syndromes and frontal lobe performance*. *British Journal of Psychiatry* 1991, 158, 340-345
- Lis, S., Krieger, S., Wilhelm, J., Gallhofer, B.: *Feedback about previous action improves executive functioning in schizophrenia: An analysis of maze solving behavior*. *Schizophrenia Research* 2005, 78, 243-250
- Lis, S.: *Kognitive Prozesse in Labyrinthaufgaben mit vollständig sichtbarem Wegsystem bei gesunden Personen*. Dissertation, Justus-Liebig-Universität, Giessen 2000
- Loeb, M., Alluisi, E.A.: *An update of findings regarding vigilance and reconsideration of underlying mechanisms*. In: Mackie, R.R. (ed.) *Vigilance. Theory, operational performance and physiological correlates*. Plenum Press, New York 1977
- Luria, A.R.: *The Working Brain*. Basic Books, New York 1973
- Lynn, R.: *Attention, arousal and orientation reaction*. Pergamon Press, Oxford, England 1966
- Mack, J.L., Patterson, M.B.: *Executive dysfunction in Alzheimers demenz: Performance on a test planning ability, the Porteus maze test*. *Neuropsychology* 1995, 9, 556-564
- Mackworth, N.H.: *Some factors affecting vigilance*. *The Advancement of Science*, 1957, 53, 389-393
- Mackworth, N.H.: *The breakdown of vigilance during prolonged visual search*. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 1948, 1, 6-21
- Maher, B.A.: *Anomalous experience and delusional thinking: The logic of explanations*. In: Oltmanns, T.F., Maher, B.A. (eds.) *Delusional beliefs*. Wiley, New York 1988, 15-33
- Mandler, G.: *Cognitive Psychology*. Erlbaum, Hillsdale 1985
- Mason, J.W., Sachar, E.J., Fishman, J.R. et al.: *Corticosteroid responses to hospital admission*. *Archives of General Psychiatry* 1965, 13, 1-8

- 
- Massaro, D.W.: *An information-processing analysis of perception and action*. In: Neumann, O., Prinz, W. (eds.) *Relationships between perception and action*. Springer, Berlin 1990, 133-166
- McGhie, A., Chapman, J., Lawson, J.S.: *The effects of distraction on schizophrenic performance. I. Perception and immediate memory*. *British Journal of Psychiatry* 1965a, 111, 383-390
- McGhie, A., Chapman, J., Lawson, J.S.: *The effects of distraction on schizophrenic performance. II. Psychomotor ability*. *British Journal of Psychiatry* 1965b, 111, 391-398
- McGhie, A., Chapman, J.: *Disorders of attention and perception in early schizophrenia*. *British Journal of Medical Psychology* 1961, 34, 103-116
- McGuinness, D., Pribram, K.: *The neuropsychology of attention: emotional and motivational controls*. In: Wittrock, M.C. (ed.) *The brain and psychology*. Academic Press, New York 1980, 95-149
- McKenna, P.J., Tamlyn, D., Lund, C.E., Mortimer, A.M., Hammond, S., Baddeley, A.D.: *Amnesic syndrome in schizophrenia*. *Psychological Medicine* 1990, 20, 967-972
- Mesulam, M.M.: *A cortical network for directed attention and unilateral neglect*. *Annals of Neurology* 1981, 10, 309-325
- Mesulam, M.M.: *Frontal cortex and behavior*. *Annals of Neurology* 1986, 19, 320-325
- Meyer-Lindenberg, A.S., Olsen, R.K., Kohn, P.D., Brown, T., Egan, M.F., Weinberger, D.R., Berman, K.F.: *Regionally specific disturbance of dorsolateral prefrontal-hippocampal functional connectivity in schizophrenia*. *Archives of General Psychiatry* 2005, 62, 379-386
- Miller, G.A., Galanter, E., Pribram, K.H.: *Plans and the structure of behavior*. Holt, New York 1960
- Milner, B.: *Visual guided maze learning in man: Effects of bilateral hippocampal, bilateral frontal and unilateral cerebral lesions*. *Neuropsychologia* 1965, 3, 317-338
- Miyamoto, M.: *Social facilitation in finger maze learning*. *Japanese Psychology Research* 1979, 2, 94-98
- Moray, N.: *Listening and attention*, Penguin books, Oxford 1969
- Moray, N.: *Where is capacity limited? A survey and a model*. *Acta Psychologica* 1967, 27, 84-92
- Morel, B.A.: *Traité des maladies mentales*. Masson, Paris 1856

- Morice, R.D.: *Beyond language – speculations about the prefrontal cortex in schizophrenia*. Australian and New Zealand Journal of Psychiatry 1986, 20, 7-10
- Moruzzi, G., Magoun, H.W.: *Brain stem reticular formation and activation of the EEG*. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 1949, 1, 455-473
- Navon, D., Gopher, D.: *On the economy of the human processing system*. Psychological Review 1979, 86, 214-255
- Navon, D.: (1985) *Attention division or attention sharing?* In: Posner, M.I., Marin, O.S (eds.) Attention and performance XI. Hillsdale: Erlbaum, 1985, 133-146
- Neisser, U.: *Cognition and reality. Principles and implications of cognitive psychology*. Freeman, San Francisco 1976 (dt.: *Kognition und Wirklichkeit. Prinzipien und Implikationen der kognitiven Psychologie*. Übers. von Born, R., Klett, Stuttgart 1979)
- Neisser, U.: *Cognitive psychology*. New York: Appleton. 1967 (dt.: *Kognitive Psychologie*. Übers. von Schlund, W. und Aeschbacher, U., Klett, Stuttgart 1974)
- Newcomer, J.W., Faustman, W.O., Whiteford, H.A., Moses, J.A., Csernansky, J.G.: *Symptomatology and cognitive impairment associate independently with post-dexamethasone cortisol concentrations in unmedicated schizophrenic patients*. Biological Psychiatry 1991, 29, 855-64
- Newell, A., Simon, H.A.: *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall 1972
- Norman, D.A., Shallice, T.: *Attention to action: Willed and automatic control of behavior*. In: Davidson, R., Schwartz, G., Shapiro, D. (eds) Consciousness and self regulation: Advances in research and theory. Plenum, New York 1986, Vol. 4, 1-18
- Nuechterlein, K.H., Dawson, M.E.: *A heuristic vulnerability/stress model of schizophrenic episodes*. Schizophrenia Bulletin 1984, 10, 300-312
- Nuechterlein, K.H.: *Reaction time and attention in schizophrenia: A critical evaluation of the data and theories*. Schizophrenia Bulletin 1977, 3, 373-428
- Oswald, W.D., Fleischmann, U.M.: *Nürnberger-Alters-Inventar (NAI)*. Hogrefe. Göttingen, 1995
- Ott, B.R., Heindel, W.C., Whelien, W.M., Caron, M.D., Piatt, A.L., DiCarlo, M.: *Maze test performance and reported driving ability in early dementia*. Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology 2003, 16, 151-155
- Palermo, D.S., Casteneda, A., McCandless, B.R.: *The relationship to anxiety in children to performance in a complex learning task*. Child Development 1956, 27, 333-339

- Palmer, B.W., Heaton, R.K.: *Executive dysfunction in schizophrenia*. In: Sharma, T., Harvey, P. (eds.) *Cognition in schizophrenia*. Oxford University Press, New York 2000, 51-72
- Park, S., Holzman, P.S.: *Schizophrenics show spatial working memory deficits*. *Archives of General Psychiatry* 1992, 49, 975-982
- Payne, R.W.: *Cognitive abnormalities*. In: Eysenck, H.J. (ed.) *Handbook of Abnormal psychology*. Pitman, London, 1973, 420-483
- Perry, W., Pooterat, E.G., Braff, D.L.: *Self-monitoring enhances Wisconsin Card Sorting performance in patients with schizophrenia: Performance is improved by simple asking patients to verbalize their sorting strategy*. *Journal of International Neuropsychology Society* 2001, 7, 344-352
- Poljakow, J.: *Schizophrenie und Erkenntnistätigkeit*. Hippokrates, Stuttgart 1973
- Porteus, S.D., Barclay, J.E.: *A further note on chlorpromazine: Maze reactions*. *Journal of Consulting Psychology* 1957, 21, 297-299
- Porteus, S.D., DeMonbrun, R., Kepner, M.D.: *Mental changes after bilateral frontal leucotomy*. *Genetic Psychology Monographs* 1944, 29, 23-115
- Porteus, S.D.: *Maze test reactions after chlorpromazine*. *Journal of Consulting Psychology* 1957a, 21, 15-21
- Porteus, S.D.: *Porteus Maze Test. Fifty Years' application*. Psychological Corporation, New York 1965
- Porteus, S.D.: *Specific behavior changes following chlorpromazine*. *Journal of Consulting Psychology* 1957b, 21, 257-263
- Posner, M.I., Boies, S.J.: *Components of attention*. *Psychological Review*, 1971, 78, 391-408
- Posner, M.I., McLeod, P.: *Information processing models - in search of elementary operations*. *Annual Review of Psychology*. 1982; 33, 477-514
- Posner, M.I.: *Cognition: An introduction*. Forsemann, Glenview 1974 (dt.: *Kognitive Psychologie*. Übers. von Koppitz, W.J., Juventa, München 1976)
- Posner, M.I.: *Foundations of cognitive science*. MIT Press, Cambridge 1993
- Pribram, K.H., McGuinness, D.: *Arousal, activation and effort in the control of attention*. *Psychological Review* 1975, 82, 116-149

- 
- Rakic, P.: *Competitive interactions during neuronal and synaptic development*. In: Galaburda, A.M. (ed.) *From reading to neurons*. MIT Press, Cambridge (Mass.) 1989, 443-462
- Rao, M.L., Möller, H.J.: *Biochemical findings of negative symptoms in schizophrenia and their putative relevance to pharmacological treatment*. *Pharmacopsychiatry* 1994, 30, 160-172
- Rappaport, M.: *Competing voice messages: Effects of message load and drugs on the ability of acute schizophrenics to attend*. *Archives of General Psychiatry* 1967, 17, 97-103
- Rapport, L.J., Webster, J.S., Dutra, R.L.: *Digit span performance and unilateral neglect*. *Neuropsychologia* 1994, 32, 517-525
- Reinvang, I.: *Cognitive event-related potentials in neuropsychological assessment*. *Neuropsychology Review* 1999, 9, 231-248
- Rey, E.R., Thurm I.: *Schizophrenien*. In: Reinecker, H. (Hrsg.) *Lehrbuch der Klinischen Psychologie*. 3. Auflage, Hogrefe, Göttingen 1998, 563-587
- Ribot, T.: *Psychologie de l'attention*. 14. ed. Félix Alcan, Paris 1919
- Robbins, R.W.: *The case for frontostriatal dysfunction in schizophrenia*. *Schizophrenia Bulletin* 1990, 16, 391-402
- Roberts, G.W.: *Schizophrenia: The cellular biology of a functional psychosis*. *Trends in Neurosciences* 1990, 13, 207-211
- Rogers, D.G.C.: *The cognitive disorder of psychiatric illness: A historical perspective*. In: Pantelis, C., Nelson, H.E., Barnes, T.R.E. (eds.) *Schizophrenia: A neuropsychological perspective*. Wiley, Chichester 1997, 19-29
- Rolls, E.T., Treves, A.: *Neuronal network and brain function*. Oxford University Press, Oxford 1998
- Rossi, A., Stratta, P., De Cataldo, S., Di Michele, V., Orfanelli, G., Serio, A., Petruzzi, C., Casacchia, M.: *Cortical and subcortical computed tomographic study in schizophrenia*. *Journal of Psychiatric Research* 1988, 22, 99-105
- Rudolf H.: *Graphomotorische Testbatterie*. Beltz, Weinheim: 1986
- Rutter, D.R.: *Language in schizophrenia: The structure of monologues and conversations*. *British Journal of Psychiatry* 1985, 146, 399-404
- Sachar, E.J., Harmatz, J., Bergen, H., Cohler, J.: *Corticosteroid responses to milieu therapy of chronic schizophrenics*. *Archives of General Psychiatry* 1966, 15, 310-319

- 
- Sanders, A.F.: *Stage analysis of reaction process*. In: Stelmach, G.E., Requin, J. (eds.) *Tutorials in motor behaviour*. Amsterdam 1980, 331-354
- Saykin, A.J., Gur, R.E., Mozley, P.D., Resnick, S.M., Kester, B., Stafiniack, P.: *Neuropsychological function in schizophrenia: Selective impairment in memory and learning*. *Archives of General Psychiatry* 1991, 48, 618-624
- Scheibel, A.B.: *The problem of selective attention: A possible structural substrate*. In: Pompeiano, O., Ajmone Marsan, C. (eds.) *Brain mechanisms and perceptual awareness*. Raven Press, New York 1981, 280-326
- Schmand, B., Kuipers, T., Van-der Gaag, M., Bosveld, J., Bulthuis, F., Jellma, M.: *Cognitive disorders and negative symptoms as correlates of motivational deficits in psychotic patients*. *Psychological Medicine* 1994, 24, 4, 869-884
- Schmidt, R.F., Thews, G.: *Physiologie des Menschen*. 27. Auflage. Springer, Berlin 1997
- Schmitz, S.: *Gender-related strategies in environmental development: Effects of anxiety on way finding in a representation of a three-dimensional maze*. *Journal of Environmental Psychology* 1997, 17, 215-228
- Schmitz, S.: *Wer weiß wohin?* Deutsche Hochschulschriften 1142, Hänsel-Hohenhausen, Egelsbach 1999, zugl. Habil., Universität Marburg 1997/98
- Schneider, K.: *Klinische Psychopathologie*. Thieme, Stuttgart 1939
- Schreiber, H., Kornhuber, H.H.: *Biologische Marker in der Psychiatrie: Forschungskonzept und bisherige Ergebnisse am Beispiel der Schizophrenie*. In: Lieb, K., Riemann, D., Berger, M. (Hrsg.) *Biologisch-psychiatrische Forschung. Ein Überblick*. Fischer, Stuttgart, Jena 1995
- Schreiber, H., Stolz-Born, G., Kornhuber, H.H., Born, J.: *Investigation of electrophysiological correlates of attention and information processing as vulnerability indicators for schizophrenia*. *Journal of Psychophysiology* 1998, 12, 286-300
- Schwartz, S.: *Is there a schizophrenic language?* *Behavioural Brain Science* 1982, 5, 579-626
- Selye, H.: *Geschichte und Grundzüge des Stresskonzepts*. In: Nitsch, J.R. (Hrsg.) *Stress: Theorien, Untersuchungen, Maßnahmen*. Huber, Bern, Stuttgart, Wien 1981
- Selye, H.: *Stress in health and disease*. Butterworth, Woburn, Mass. 1976
- Selye, H.: *The stress of life*. McGraw-Hill, New York, Rev. ed 1984

- 
- Servan-Schreiber, D., Cohen, J.D.: *Neuronal networks*. Psychiatric Annals 1992, 22, 112-148
- Shakow, D.: *Psychological deficit in schizophrenia*. Behavioral Science 1963, 8, 275-305
- Shakow, D.: *Segmental set: A theory of the formal psychological deficit in schizophrenia*. Archives of General Psychiatry 1962, 6, 1-17
- Shallice, T., Burgess, P.W., Frith, C.D.: *Can the neuropsychological case study approach be applied to schizophrenia?* Psychological Medicine 1991, 21, 661-673
- Shallice, T.: *From Neuropsychology to mental structure*. Cambridge University Press, New York 1988
- Shapiro, M.B., Slater, P., Campbell, D.: *The effects of distraction on psychomotor slowness in co-operative depressed, and schizophrenic subjects*. British Journal of Social and Clinical Psychology 1962, 1, 121-126
- Sharma, T., Harvey, P.: *Cognition in schizophrenia*. University Press, Oxford 2000
- Shiffrin, R., Dumais, S.T., Scheider, W.: *Characteristics of automatisations*. In: Long, J., Baddeley, A. (eds.) Attention and performance IX. Erlbaum, Hillsdale 1981, 223-238
- Shiffrin, R.M., Schneider, W.: *Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attention and a general theory*. Psychological Review 1977, 84, 127-190
- Sinsel, E.: *Labyrinthverhalten und bioelektrische Hirnsignale: Einflüsse von Sackgassenkomplexität und Übung*. Diplomarbeit im Fachbereich Psychologie, Justus-Liebig-Universität Giessen 1999
- Skinner, B.F.: *Verbal behavior*. Appleton-Century-Crofts, New York 1957
- Snyder, S.H.: *Schizophrenia*. Lancet II, 1982, 970-974
- Spring, B.J., Zubin, J.: *Attention and information processing as indicators of vulnerability in schizophrenic episodes*. Journal of Psychiatric Research 1978, 14, 289-301
- Stein, A.: *Fragments: Coping with attention deficit disorder*. Haworth Press, New York 2003
- Steinhauer, S.R., Zubin, J., Condray, R., Shaw, D.B., Peters, J.L., van Kammen, D.P.: *Electrophysical and behavioural signs of attention disturbance in schizophrenics and their siblings*. In: Tamminga, C., Schulz, S.C. (eds.) Advances in neuropsychiatry & psychopharmacology, Vol. I: Schizophrenia research. Raven Press, New York 1991, 169-178



- 
- Steriade, M.: *Mechanisms underlying cortical activation: Neuronal organizing and properties of the midbrain reticular core and intralaminar thalamic nuclei*. In: Pompeiano, O., Ajmone Marsan, C. (eds.) *Brain mechanisms and perceptual awareness*. Raven Press, New York 1981, 327-377
- Sternberg, S.: *On the discovery of processing stages: Some extensions of Donders method*. *Acta Psychologica* 1969, 30, 276-315
- Stoddard, J., Vaid, J.: *Asymmetries in intermanual transfer of maze learning in right- and left-handed adults*. *Neuropsychologia* 1996, 34, 605-608
- Stroop, R.: *Studies of interference in serial verbal reactions*. *Journal of Experimental Psychology* 1935, 18, 643-662
- Stuss, D.T., Benson, D. F.: *The frontal lobes*. Wiley, New York 1986
- Suddath, R.L., Christison, G.W., Torrey, E.F., Casanova, M.F., Weinberger, D.R.: *Anatomical abnormalities in the brains of monozygotic twins discordant for schizophrenia*. *The New England Journal of Medicine* 1990, 322, 789-794
- Sullivan, E.V., Shear, P.K., Zipursky, R.B., Sagar, H.J., Pfefferbaum, A.: *A deficit profile of executive, memory and motor function in schizophrenia*. *Biological Psychiatry* 1994, 36, 10, 641-653
- Süllwold, L.: *Symptome schizophrener Erkrankungen. Uncharakteristische Basisstörungen*. Springer, Berlin 1977
- Swerdlow, N.R., Koob, G.F.: *Dopamine, schizophrenia, mania and depression: Toward a unified hypothesis of cortico-striato-pallido-thalamic function*. *Behavioral Brain Science* 1987, 10, 197-245
- Swinney, D.: *Theoretical and methodological issues in cognitive science: a psycholinguistic perspective*. In: Kintsch, W., Miller, J.R, Polson, P.G. (eds.) *Methods and tactics in cognitive science*. Erlbaum, Hillsdale, 1984
- Symond, M.B., Harris, A.W., Gordon, E., Williams, L.M.: *"Gamma synchrony" in first-episode schizophrenia: A disorder of temporal connectivity?* *American Journal of Psychiatry* 2005; 162, 459-465
- Tamlyn, D., McKenna, P.J., Mortimer, A.M., Lund, C.E., Hammond, S., Baddeley, A.D.: *Memory impairment in schizophrenia: Its extent, affiliations and neurophysical characters*. *Psychological Medicine* 1992, 22, 101-115
- Taylor, R.: *Spiral maze performance in dementia*. *Perceptual and Motor Skills*, 1998, 87, 328-330
- Tolman, E.C.: *Cognitive maps in rats and men*. *Psychological Review* 1948, 55, 189-208

- 
- Treisman, A.M.: *Contextual cues in selective listening*. Quarterly Journal of Experimental Psychology 1960, 12, 242-248
- Treisman, A.M.: *Selective attention in man*. British Medical Bulletin 1964, 20, 12-16
- Tucker, D.M., Williamson, P.A.: *Asymmetric neural control system in human regulation*. Psychological Review 1984, 91, 185-215
- Ullmann, L.P., Krasner, L.: *Psychological approach to abnormal behavior*. (2nd edition) Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall 1975
- Vaughan, C.E., Leff, J.P.: *Influence of family and social factors on the course of psychiatric illness*. British Journal of Psychiatry 1976, 129, 125-137
- Veraguth, O.: *Das psychogalvanische Reflexphänomen*. Springer, Berlin 1909
- Ward, J., Alvis, G., Sanford, G., Dodson, D., Pusakulich, R.: *Qualitative differences in tactuo-spatial motor learning by left-handers*. Neuropsychologia 1989, 27, 1091-1099
- Watson, C.J., Thomas, R.W., Anderson, D., Felling, J.: *Differentiation of organics from schizophrenics at two chronicity levels by use of the Hasted-Retain organic test battery*. Journal of Consulting and Clinical Psychology 1968, 32, 679-684
- Watson, J.B.: *Psychology as the behaviorist views it*. Psychological Review 1913, 20, 158-177
- Wechsler, D.: *Manual for the Wechsler adult intelligences scale – revised*. Psychological Corporation, New York 1974
- Weinberger, D.R., Berman, K.F., Suddath, R., Torrey, E.F.: *Evidence of dysfunction of a prefrontal-limbic network in schizophrenia: A magnetic resonance imaging and regional blood flow study of discordant monozygotic twins*. American Journal of Psychiatry 1992, 149, 890-897
- Weinberger, D.R.: *Anteromedial temporo-prefrontal connectivity: A functional neuro-anatomical system implicated in schizophrenia*. In: Carroll, B.J., Barrett, J.E. (eds.) Psychopathology and the brain. Raven Press, New York 1991, 25-43
- Weinberger D.R.: *Implications of normal brain development for the pathogenesis of schizophrenia*. Archives of General Psychiatry 1987, 44, 660-669
- Weinberger, D.R., Berman, K.F., Zec, R.F.: *Physiological dysfunction of dorsolateral prefrontal cortex in schizophrenia I. Regional cerebral blood flow evidence*. Archives of General Psychiatry 1986 43, 114-124
- Weiss, K.M., Vrtunski, P.B., Simpson, D.M.: *Information overload disrupts digit recall performance in schizophrenics*. Schizophrenia Research 1988, 1, 299-303

- 
- World Health Organisation: *Internationale Klassifikation psychischer Störungen: ICD-10, Kapitel V F; klinisch-diagnostische Leitlinien*. Dilling H., Mombur, W., Schmidt, M. H. (Hrsg.), Huber, Bern 1991
- Wickens, C.D.: *Engineering psychology and human performance*. Harper Collins, New York 1992
- Wickens, C.D.: *Processing resources in attention*. In: Parasuraman, R., Davies, R. (eds.) *Varieties of attention*. Academic Press, New York 1984, 63-101
- Wickens, C.D., Gopher, D.: *Control theory measures of tracking as indices attention allocation*. *Human Factors* 1977, 19, 249-366
- Wiedel, K.H., Schöttke, H.: *Dynamic assessment of selective attention in schizophrenic subjects: The analysis of intraindividual variability of performance*. Annual Meeting: International Association for Cognitive Education; 3 (Riverside Calif.): 1992, Univ., Fachbereich Psychologie, Osnabrück 1993
- Wienhard, K.: *Positronen-Emissions-Tomographie (PET) in Psychiatrie und Neurologie*. In: Lieb, K., Riemann, D., Berger, M. (Hrsg.) *Biologisch-psychiatrische Forschung. Ein Überblick*. Fischer, Stuttgart, Jena 1995
- Wundt, W.: *Grundzüge der physiologischen Psychologie*. 5. Auflage. Engelmann, Leipzig 1903
- Wyhlidal, K.: *Aggressionsinduktion und Testosteronreaktion bei serotonerger Stimulation in Abhängigkeit von Sensation-Seeking*. Waxmann, Münster 1997
- Yergelun-Todd, D., Craft, S., O'Brian, C., Kaplan, E., Levin, S.: *Wisconsin Card Sorting Test in schizophrenia and manic depressive illness*. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 1988, 10, 71
- Yerkes, R.M., Dodson, J.D.: *The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation*. *Journal of Comparative Neurology and Psychology* 1908, 18, 459-482
- Zajonc, R.B.: *Social facilitation*. *Science* 1965, 149, 269-274
- Zajonc, R.B.: *Social psychology: An experimental approach*. Wadsworth, Belmont, Calif. 1969
- Ziegler, C.: *Leistungsmotivation und Lernen aus biologischer Sicht*. Examensarbeit, Philipps-Universität Marburg, 1987
- Zimbardo, P.G.: *Psychologie*. 6. Auflage. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1995
- Zimmermann, B.: *Die Bedeutung der Leistungsmotivation, Angst und Geschlecht für die Lernleistung von Jugendlichen in einem Handlabyrinthversuch*. Diplomarbeit, Philipps-Universität Marburg, 1988

Zubin, J., Spring, B.: *Vulnerability, a new view of schizophrenia*. Journal of Abnormal Psychology 1977, 86, 103-126

Zubin, J.: *Problems of attention in schizophrenia*. In: Kietzman, M.L., Sutton, S., Zubin, J. (eds.) Experimental approaches in psychopathology. Academic Press, New York 1975

---

## **Danksagung**

Für die freundliche Unterstützung bei der Entwicklung, Vorbereitung und Realisierung der vorliegenden Arbeit möchte ich mich bei folgenden Personen bedanken:

- bei dem Leiter des Zentrums für Psychiatrie an der Justus-Liebig-Universität Gießen, Herrn Prof. Dr. med. Bernd Gallhofer, für die Überlassung des Themas und den gebotenen Möglichkeiten zum wissenschaftlichen Arbeiten im Kognitionslabor.
- bei Frau Dipl.-Psych. Dr. Stefanie Lis für die hervorragende Betreuung, Hilfsbereitschaft und Geduld.
- bei Herrn Dipl.-Psych. Dr. Stephan Krieger für seine zahlreichen Anregungen, sachlichen Hinweise und sein umfassendes technisches Verständnis.
- bei allen Probandinnen und Probanden, die an den Untersuchungen der vorliegenden Arbeit teilgenommen haben.
- bei allen Kolleginnen und Kollegen des Kognitionslabors, insbesondere den Doktorandinnen und Doktoranden für die freundliche Zusammenarbeit und die gute Arbeitsatmosphäre.
- Frau Dipl.-Bibl. Martina Burtz für das Korrekturlesen der Dissertation und die hilfreichen Anmerkungen.